

**RESPUESTA DEL ARROZ (*Oryza sativa. L*) CULTIVAR C-7 STEC A
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, CUATRO NIVELES DE
NITRÓGENO Y DOS NIVELES DE POTASIO, EN SIEMBRA DE
VERANO EN FINCA LA VEGA, SAN CARLOS.**

ENZO PORRAS ARAICA

**Trabajo Final de Graduación Presentado a la Escuela de Agronomía como
requisito parcial para optar al Grado de Licenciatura en Ingeniería en
Agronomía**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2013

**RESPUESTA DEL ARROZ (*Oryza sativa. L*) CULTIVAR C-7 STEC A
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, CUATRO NIVELES DE
NITRÓGENO Y DOS NIVELES DE POTASIO EN SIEMBRA DE
VERANO EN FINCA LA VEGA, SAN CARLOS.**

ENZO PORRAS ARAICA

Aprobado por los miembros del Tribunal Examinador

Ing. Agr. José Gerardo Chávez Alfaro, MAP

Asesor

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.

Jurado

Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M. Sc

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez M.A.E

Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey M. Sc.

Director Escuela de Agronomía

2013

DEDICATORIA

A Dios y a la Santísima Virgen por haberme dado salud, fuerza y ganas de salir adelante durante mis años de estudio...

A mi Familia, ya que ellos fueron la motivación y apoyo necesario durante mi carrera, en especial a mis padres, hermanos y sobrinos...

A mis compañeros y amigos, por ser parte importante de mi vida.

Y finalmente a todas las personas que día con día tienen el privilegio de cultivar la tierra, con el único fin de producir el alimento que necesitamos...

AGRADECIMIENTO

Primero a **Dios** y a la Santísima **Virgen** por haberme dado salud para terminar mi carrera.

A mis padres, **Faustino** y **Esperanza**, por brindarme la vida y darme la oportunidad de cumplir el sueño de ser un profesional.

A mis hermanos, **Jeffry**, **Sinai** y **Jason**, por sus consejos y apoyo en cada una de las etapas de mi vida.

A los **profesores** y **personal administrativo** del Tecnológico de Costa Rica, por sus enseñanzas y facilidades brindadas durante mis años en el TEC, en especial a los de la **Escuela de Agronomía**.

A los Ing. **Gerardo Chávez**, **Arnoldo Gadea** y **Parménides Furcal** por el apoyo durante la fase de campo y redacción del informe final de mi trabajo de graduación.

Al personal de apoyo de finca La Vega: **Vinicio**, **Carlos**, **Ronny**, **Martin**, y demás personas que colaboraron de manera desinteresada en la ejecución del trabajo de campo.

A mis compañeros y amigos que conocí gracias al TEC, a los que siempre voy a recordar, y con los cuales compartí momentos difíciles y alegrías que nunca llegare a olvidar, en especial a **Wayler**, **Andrés**, **Jorge**, **Carolina**, **Mirla** y **Laura**.

A todos ustedes muchas gracias y que Dios los bendiga...!!!

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
CONTENIDO	III
LISTA DE CUADROS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE CUADROS ANEXO	XI
LISTA DE FIGURAS ANEXO.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVII
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Generalidades del arroz.....	4
3.1.1 Origen y taxonomía.....	4
3.1.2 Morfología.....	4
3.1.2.1 Órganos vegetativos	4
3.1.2.2 Órganos reproductivos	5
3.1.3 Requerimientos edafo-climáticos	6
3.1.4 Principales plagas asociadas al cultivo	7
3.1.4.1 Insectos.....	7
3.1.4.2 Enfermedades.....	9
3.1.4.3 Malezas.....	12
3.2 Nutrición del arroz.....	12
3.2.1 Nitrógeno	12
3.2.1.1 Función y movilidad.....	13
3.2.1.2 Síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento.....	13
	III

3.2.1.3	Manejo en el cultivo.....	14
3.2.2	Potasio.....	15
3.2.2.1	Función y movilidad.....	15
3.2.2.2	Síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento.....	16
3.2.2.3	Manejo en el cultivo.....	16
3.2.3	Fósforo.....	17
3.2.3.1	Función y movilidad.....	17
3.2.3.2	Síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento.....	17
3.2.3.3	Manejo en el cultivo.....	18
3.3	Densidad de siembra en arroz	18
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1	Localización.....	20
4.2	Tratamientos.....	21
4.2.1	Distribución de tratamientos.....	23
4.3	Dimensiones del ensayo.....	24
4.4	Material experimental.....	24
4.5	Manejo agronómico	25
4.5.1	Preparación del terreno.....	25
4.5.2	Siembra	25
4.5.3	Riego	26
4.5.4	Control de malezas	26
4.5.5	Control de plagas y enfermedades.....	26
4.5.6	Fertilización.....	27
4.5.6.1	Fósforo.....	28
4.5.6.2	Potasio	28
4.5.6.3	Nitrógeno.....	28
4.5.7	Cosecha.....	29
4.6	Variables y criterios de medición.....	29
4.6.1	Aspectos agronómicos.....	29
4.6.1.1	Porcentaje de germinación.....	29
4.6.1.2	Población	29

4.6.1.3	Altura de planta	30
4.6.2	Componentes de rendimiento	30
4.6.2.1	Tallos efectivos	30
4.6.2.2	Longitud y granos llenos por panícula.	31
4.6.2.3	Peso de 1000 granos	31
4.6.2.4	Rendimiento	31
4.6.3	Calidad molinera	32
4.6.4	Comportamiento de las plagas.....	33
4.7	Diseño experimental	34
4.8	Análisis de datos.....	35
5	RESULTADOS.....	36
5.1	Aspectos agronómicos.....	36
5.1.1	Porcentaje de germinación.....	36
5.1.2	Población	36
5.1.3	Altura	39
5.2	Componentes de rendimiento	42
5.2.1	Tallos efectivos	42
5.2.2	Longitud y Granos llenos por panícula	44
5.2.3	Peso de 1000 granos	48
5.2.4	Rendimiento de cosecha.....	50
5.3	Calidad molinera	54
5.4	Características fitosanitarias	56
5.4.1	Malezas	56
5.4.2	Enfermedades.....	56
5.4.3	Insectos	56
6	DISCUSIÓN	58
7	CONCLUSIONES	65
8	RECOMENDACIONES	67
9	LITERATURA CITADA.....	68

10	ANEXO A.....	72
11	ANEXO B.....	82

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1.	Datos climáticos durante el desarrollo del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	20
2.	Tratamientos del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	22
3.	Dimensiones del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	24
4.	Calibraciones teóricas y de campo utilizadas en el ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	25
5.	Programa de manejo fitosanitario aplicado antes y después de la siembra de arroz. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	27
6.	Programa de fertilización del nitrógeno del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	28
7.	Tratamientos que componen cada una de la muestras enviadas al Laboratorio de Análisis de Calidad Molinera.	32
8.	Factores y grados de calidad para el arroz en granza tipo largo, según CONARROZ 2008.	33
9.	Fuentes de Variación y Grados de Libertad del Diseño Experimental.	34
10.	Rendimiento estimado (kg/ha) en cada uno de los tratamiento del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	51
11.	Resultados análisis de calidad molinera, según el Laboratorio de Control de Calidad de CONARROZ. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	55

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1.	Distribución de tratamientos del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.....	23
2.	Efecto de la densidad de siembra sobre la población de plantas en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.....	36
3.	Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la población de Plantas en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	37
4.	Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la población de plantas en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.....	38
5.	Efecto de la densidad de siembra sobre la altura de plantas a la edad de 144 dds en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	39
6.	Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la altura de plantas a la edad de 114 dds en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	40
7.	Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la altura de plantas a la edad de 114 dds en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	41
8.	Efecto de la densidad de siembra sobre la cantidad de tallos efectivos por m ² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	42
9.	Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la cantidad de tallos efectivos por m ² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	43

10. Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la cantidad de tallos efectivos por m ² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	43
11. Efecto de la densidad de siembra sobre el tamaño de las panículas por m ² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	44
12. Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre el tamaño de las panículas por m ² en el cultivar C-7 STEC. Finca La Vega, ITCR. San Carlos, 2012.	45
13. Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre el tamaño de las panículas por m ² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	46
14. Efecto de la densidad de siembra sobre la cantidad de granos llenos por panícula en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	46
15. Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la cantidad de granos llenos por panícula en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	47
16. Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la cantidad de granos llenos por panícula en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	48
17. Efecto de la densidad de siembra sobre el peso de 1000 granos en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	48
18. Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre el peso de 1000 granos en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	49
19. Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre el peso de 1000 granos en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	50

20. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento estimado de cosecha del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	52
21. Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo en el rendimiento estimado de cosecha del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	53
22. Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo en el rendimiento estimado de cosecha del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	53

LISTA DE CUADROS ANEXO

Número	Título	Página
1A.	Análisis de varianza para la población de plantas final. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	72
2A.	Análisis de varianza para la altura de las plantas a los 114dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	72
3A.	Análisis de varianza para la cantidad de tallos efectivos por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	73
4A.	Análisis de varianza para la cantidad de panículas pequeñas por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	73
5A.	Análisis de varianza para la cantidad de panículas medianas por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	74
6A.	Análisis de varianza para la cantidad de panículas grandes por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	74
7A.	Análisis de varianza para la cantidad de granos llenos por panícula. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	75
8A.	Análisis de varianza para el peso de mil granos. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	75
9A.	Análisis de varianza para el rendimiento estimado de cosecha, ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	76
10A.	Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la población final de plantas. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	76
11A.	Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la altura de plantas a los 114 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	76
12A.	Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre la altura de plantas a los 114 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	77

13A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del potasio sobre la altura de plantas a los 114 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	77
14A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de tallos efectivos por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	77
15A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de panículas pequeñas por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	77
16A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de panículas medianas por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	78
17A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre la cantidad de panículas medianas por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	78
18A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de panículas grandes por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	78
19A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del potasio sobre la cantidad de panículas grandes por m ² . ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	78
20A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de granos llenos por panícula. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	79
21A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre la cantidad de granos llenos por panícula. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	79
22A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre el peso de mil granos. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	79

23A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre el peso de mil granos. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	80
24A. Cronograma de actividades realizadas en el ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	81

LISTA DE FIGURAS ANEXO

Número	Título	Página
1.	A. Pruebas de germinación realizadas previo a la siembra. B. Siembra del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	82
2.	A. Germinación a los 9 dds. B. Incidencia de malezas a los 31 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	82
3.	A. Estado del suelo a los 31 dds. B. Efecto del clima adverso en las plantas de arroz a los 31dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	82
4.	A. Cuadrícula para evaluación de población. B. Malezas presentes en el ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	83
5.	A. Equipo de riego utilizado en el ensayo. B. Funcionamiento del equipo de riego. ITCR, Finca La Vega, San Carlos. 2012.	83
6.	A. Floración a los 90 dds. B. Etapa grano lechoso. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.	83

RESUMEN

Este trabajo se realizó en el lote #1 del área de cultivos de Finca La Vega, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y potasio sobre el desarrollo y producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa*. L), cultivar C-7 STEC, establecido a diferentes densidades de siembra en época de verano. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con dos sub-divisiones, en las cuales se usó un arreglo sistemático. Se manejó tres densidades de siembra: 90kg, 112,5kg y 135kg/ha (2,0; 2,5 y 3,0 quintales por hectárea). Con respecto a los niveles de fertilización, se utilizaron cuatro niveles de nitrógeno: 50; 75; 100 y 125 kg/ha; dos niveles de potasio: 60 y 90 kg/ha y una dosis única de fósforo: 60 kg/ha. En total se tuvieron 24 tratamientos. Todas las aplicaciones se realizaron con fertilizante granulado. La primera se realizó al momento de la siembra; mientras que la segunda y la tercera, su aplicación fue a mano en forma voleada, al inicio del macollamiento y a la diferenciación del primordio floral. Las condiciones ambientales durante el desarrollo del ensayo fueron perjudiciales para el cultivo del arroz, ya que se presentó una alta temperatura, alta humedad relativa, y baja precipitación. Debido a esas condiciones se decidió implementar el riego por aspersión. La utilización del sistema de riego no fue suficiente para compensar el alto déficit hídrico que presentaba el cultivo en el periodo de estudio, lo cual en parte explica los resultados que se obtuvieron; ya que se sugiere que estas condiciones afectaron la adecuada absorción del nitrógeno y el potasio. Se evaluó: el porcentaje de germinación de la semilla que se iba a utilizar, la población de plantas, altura, tallos efectivos y longitud de panículas, granos llenos por panícula, peso de mil granos, el rendimiento de cosecha, la calidad molinera y el comportamiento de malezas, plagas y enfermedades. En términos generales el desarrollo y producción del arroz (*Oryza sativa*. L), cultivar C-7 STEC, no se vieron influenciados por el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y potasio; por el contrario se encontraron diferencias en estas variables por efecto de la densidad de siembra. La calidad del grano y los componentes de rendimiento del arroz

pilado no se vieron influenciados por el efecto de la densidad de siembra, la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno o potasio.

Palabras clave: Arroz, *Oryza sativa*, fertilización, nitrógeno, potasio, densidad de siembra, rendimiento, calidad molinera.

ABSTRACT

This work was made at #1 plot of crop zone at La Vega farm, property of ITCR. The goal was to assess the effect of different levels of nitrogen and potassium regarding to C-7 STEC rice variety development and yield, planted in different seed densities during dry season.

It was used an experimental design of split plots with two subdivisions, with a systematic arrangement.

Three seed densities were used: 90kg, 112,5kg y 135kg/ha (2,0; 2,5 y 3,0 hundredweight per hectare). Regarding to nitrogen doses: 50; 75; 100 y 125 kg of N/Ha was applied, and potassium levels (60 y 90 kg of K₂O/Ha).

Each application was made with granular fertilizer. First one was made at planting; meanwhile the second and third; were sprayed by hand at beginning and at primary flower differentiation.

Environment conditions during trial were adverse for rice growth; high temperatures, high relative humidity, and low precipitation. Due to these conditions, sprinkler irrigation was applied to experimental plots.

Irrigation not enough to rice water need and explains results obtained in a side; also suggests that these conditions affected appropriate nitrogen and potassium absorption.

We assess: the seed germination percentage that was used, the population plants, high, effective stalks and panicle length, filled grains by panicle, one thousand grains weight, the performance harvest, the quality miller, and the weeds, pests and diseases behavior.

In general of C-7 STEC rice variety, did not respond to nitrogen and potassium levels. Although crop density had effects on development and yield.

Grain quality was not affected by different nitrogen and potassium levels or by crop density.

Key words: Rice, *Oryza sativa*, fertilization, nitrogen, potassium, density, rice growth, miller quality.

1 INTRODUCCIÓN

El arroz como grano básico para la alimentación humana tiene una alta repercusión en la actividad agrícola de Centro América y el Caribe, en el caso específico de Costa Rica, este cereal ha tenido gran auge tanto en su expansión como en el desarrollo de nuevas tecnologías productivas, que se ven reflejadas en el aumento del rendimiento o la reducción de los costos. Prueba de ello, se puede mencionar que en el periodo 2009-2010, nuestro país tuvo una siembra de 66. 415 hectáreas de arroz, para una producción nacional de 250. 849 toneladas de granza seca y limpia. El consumo per cápita en Costa Rica es de 50,98 kg, (CONARROZ 2012).

Uno de los principales problemas que vive en la actualidad el sector arrocero es el incremento en los costos de producción del cultivo, esto se da básicamente por prácticas de manejo poco adecuadas, como por ejemplo: mala preparación del terreno de siembra, densidades de siembra incorrectas, fertilización inadecuada, etc. y por la siembra de variedades susceptibles a plagas y enfermedades.

En la producción arrocera una práctica común es la validación de las variedades disponibles, ya que de esta manera se puede evaluar el comportamiento productivo en las diversas zonas de nuestro país.

Lo anterior es de importancia, debido a que de esta forma se puede lograr una planificación más eficiente del manejo que se le va a dar al cultivo en los ciclos productivos posteriores, ya que en tiempos de crisis económica se vuelve aún más importante el poder tomar decisiones oportunas y eficaces para obtener cosechas abundantes y de calidad.

La densidad de siembra y la fertilización, son de las principales prácticas de manejo que se les debe de prestar atención durante el ciclo del cultivo, esto debido al hecho de que ambas inciden directamente sobre la rentabilidad del cultivo y la producción de cosechas de mejor calidad.

Hipótesis técnica o de investigación: Habrá efectos de los diferentes niveles de nitrógeno y potasio sobre el desarrollo y producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa. L*), cultivar C-7 STEC, establecido a diferentes densidades de siembra.

Hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias significativas sobre las características agronómicas, los componentes de rendimientos y la calidad molinera del cultivar C-7 STEC, por efecto de cuatro niveles de nitrógeno, dos de potasio y tres densidades de siembra.

Ha: Existen diferencias significativas sobre las características agronómicas, los componentes de rendimiento y la calidad molinera del cultivar C-7 STEC, por efecto de cuatro niveles de nitrógeno, dos de potasio y tres densidades de siembra.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y potasio sobre el desarrollo y producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa. L*), cultivar C-7 STEC, establecido a diferentes densidades de siembra.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cuatro niveles de nitrógeno, dos de potasio y tres densidades de siembra sobre las características agronómicas del cultivar C-7 STEC.
- Evaluar el efecto de cuatro niveles de nitrógeno, dos de potasio y tres densidades de siembra sobre los componentes de rendimiento del cultivar C-7 STEC.
- Evaluar el efecto de cuatro niveles de nitrógeno, dos de potasio y tres densidades de siembra sobre la calidad molinera del cultivar C-7 STEC.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del arroz

3.1.1 Origen y taxonomía

En el mundo existen dos especies de arroz que se cultivan, *Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud. Sin embargo la primera es la que ha tenido una distribución en el mundo, ya que la segunda se encuentra únicamente en el oeste de África. Aunque hay diferencias sobre el centro de origen del arroz, la mayoría de autores sostienen que el mismo corresponde al sur de la India, y que su propagación inicio desde el sureste asiático a China (INTA 2008).

Con respecto a su clasificación botánica, el arroz se define como una gramínea anual de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas a los tallos por la vaina y su inflorescencia es una panícula; el cual pertenece a la clase *Monocotiledónea*, orden *Glumifora*, familia *Poaceae* y la tribu *Oryzae* (INTA 2008).

3.1.2 Morfología

Los órganos de la planta de arroz, para su mejor comprensión, se pueden clasificar en dos grupos: órganos vegetativos y órganos reproductivos.

3.1.2.1 Órganos vegetativos

3.1.2.1.1 Raíz

Durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces: las seminales o temporales, que sobreviven corto tiempo después de la germinación, y las secundarias, adventicias o permanentes las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes (CIAT 1985).

En los primeros estados de crecimiento las raíces son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; a medida que la planta crece, las mismas se alargan, se adelgazan y se vuelven flácidas, ramificándose abundantemente (CIAT 1985).

3.1.2.1.2 Tallo

El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En el nudo o región nodal se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar una macolla. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja (CIAT 1985).

La altura de la planta de arroz es una función de la longitud y número de los entrenudos. La longitud del entrenudo varía siendo mayor la de los de la parte más alta del tallo; los entrenudos en la base del tallo, son cortos y se van endureciendo, hasta formar una sección sólida (CIAT 1985).

Un tallo con sus hojas forma una macolla, estas se desarrollan en orden alterno en el tallo principal. El conjunto de macollas y el tallo principal forman la planta.

3.1.2.1.3 Hoja

Las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo. En cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera. Las partes de una hoja completa son: la vaina, el cuello y la lámina (CIAT 1985).

La vaina, cuya base se encuentra en el nudo, envuelve al entrenudo superior, además está finamente surcada y generalmente glabra. En el cuello se encuentran la lígula y las aurículas, las cuales facilitan su identificación con las malezas cuando el arroz se encuentra en el estado de plántula. La lámina es de tipo lineal, larga y más o menos angosta, según las variedades; el haz tiene venas paralelas, la nervadura central es prominente y sobre ella en algunos casos, se enrolla la lámina (CIAT 1985).

3.1.2.2 Órganos reproductivos

3.1.2.2.1 Las flores

Las flores están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula; la cual se encuentra situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar; el

cual carece de hojas y yemas, y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y de la panícula (CIAT 1985).

El entrenudo superior del tallo en cuyo extremo se encuentra la panícula se denomina pedúnculo. El raquis o eje principal de la panícula es hueco, de sus nudos nacen las ramificaciones, las cuales a su vez dan origen a ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas (CIAT 1985).

La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente la espiguilla del genero *Oryza* se compone de tres flores, pero sólo una se desarrolla (CIAT 1985).

3.1.2.2 La semilla

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente. Consta de la cáscara formada por la lemma y la palea con sus estructuras asociadas, lemmas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lemma, y el endospermo, que provee de alimento al embrión durante la germinación.

3.1.3 Requerimientos edafo-climáticos

El arroz se cultiva en una diversidad de condiciones ambientales y algunos autores sostienen que es un cultivo especial para las zonas húmedas del trópico o de climas con temperatura alta. En Costa Rica, el arroz puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm. En cuanto a la precipitación, lo más importante es la distribución de las lluvias, un promedio diario de 10 mm durante todo el periodo del cultivo hasta el llenado del grano es el adecuado (INTA 2008).

Requiere de una radiación solar entre 250 a 350 cal/cm²/día. La época de siembra debe ubicarse de tal manera que se eviten vientos fuertes que puedan afectar las hojas y causar aborto en las flores. Son adecuadas humedades relativas superiores al 80%. Con respecto a las temperaturas óptimas para el cultivo del arroz, estas van a variar dependiendo de la etapa de desarrollo en que se encuentre, aunque en forma general pueden variar en un rango de 25 a 33°C (INTA 2008).

La topografía de los suelos para el cultivo del arroz debe ser preferiblemente plana, la textura puede ser arcillo-arenosa, arcillosa (moderadamente fina o muy fina) o franco arcillo-limoso y el pH adecuado está entre 5,5 y 7 (INTA 2008).

3.1.4 Principales plagas asociadas al cultivo

3.1.4.1 Insectos

3.1.4.1.1 Chinilla (*Hemiptera: Lygacidae*)

Blissus leucopterus (Say) es una plaga del suelo, estrictamente del cultivo en secano, favorecida por periodos de escasa precipitación. Tanto las ninfas como los adultos, chupan la savia de las bases de los tallos, las raíces y hojas inferiores. Los síntomas en las plantas son un enrojecimiento y/o marchitez y pérdida de vigor (MAG 1991).

3.1.4.1.2 Palomilla (*Lepidoptera: Noctuidae*)

Las larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) pueden ocasionar daño durante todo el período vegetativo del cultivo, aunque el mayor riesgo es durante la etapa de plántula. El principal daño se basa en que se comen las hojas y pueden causar serias defoliaciones que retrasan el crecimiento y permiten la invasión de malezas. En ocasiones provocan pérdidas de plantas en secciones de los arrozales (MAG 1991).

3.1.4.1.3 Grillos Verdes (*Orthoptera: Gryllotalpidae*)

Principalmente el *Conocephalus discolor* (Thunberg) tanto las ninfas como los adultos pueden causar daños. En el follaje comen secciones de las hojas o bien las deshilachan y solo dejan parte de la nervadura. En el tallo causan daños que a veces se confunden con daños de ratas, lo que provoca espigas vanas o deformes. En las espigas, se comen los granos en formación (INTA 2008).

3.1.4.1.4 **Chinche del Arroz** (*Hemiptera: Pentatomidae*)

Oebalus insularis (Stal) provoca daño tanto en estado de ninfa como adulto, el mismo lo ocasiona al chupar los granos lechosos o pastosos por medio de su estilete. Además al alimentarse del grano realiza frecuentes picaduras, lo que permite la entrada de microorganismos patógenos (FLAR 1998).

3.1.4.1.5 **Loritos Verdes** (*Homóptera: Cicadellidae*)

Draeculacephala sp provocan su daño debido a que este se alimenta de la sabia de las plantas, a los pocos días de germinadas (Chávez 2012).

3.1.4.1.6 **Sogata** (*Homoptera: Delphacidae*)

Tagosodes orizicolus (Muir) es un insecto que se alimentan principalmente sobre plantas de arroz jóvenes, pero el daño principal es la inoculación del agente causal de la enfermedad Virus Hoja Blanca del Arroz (VHB).

Las afectaciones traen como consecuencia un bien definido amarillamiento en las hojas, que progresivamente van tomando color chocolate claro, otro síntoma característico que indica el daño directo es la formación de fumagina en las hojas (Meneses *et al.* 2008).

3.1.4.1.7 **Ácaro del Vaneo** (*Acari: Tarsonemidae*)

Steneotarsonemus spinki Smiley vive y se reproduce dentro de las vainas del arroz. Las afectaciones provocadas por este ácaro son conocidas como “síndrome de la esterilidad del grano” y ocasionan: pérdida y bronceado de la vaina de la hoja bandera; torcedura del cuello de la panícula; desarrollo irregular del grano, resultando granos vanos o parcialmente llenos, con manchas oscuras y panículas que permanecen erectas (Meneses *et al.* 2008).

3.1.4.2 Enfermedades

3.1.4.2.1 Añublo de la Hoja (*Pyricularia grisea* Sacc.)

Es considerada la enfermedad más limitante del cultivo de arroz en todo el mundo. Todas las partes de la planta que crezcan sobre el nivel del suelo pueden ser atacadas por el hongo, aunque los síntomas en las hojas y en el cuello de la panícula son característicos, por lo que facilitan un diagnóstico claro de la enfermedad (Meneses *et al.* 2008).

Los síntomas de esta enfermedad en la lámina foliar son más visibles en plantas entre los quince y treinta cinco días; las lesiones en las variedades resistentes sólo se presentan como puntos café distribuidos en regular cantidad. En variedades moderadamente resistentes las lesiones pueden ser desde redondeadas hasta romboides, con el centro de color verde olivo, gris o blanco; con el margen café rojizo bien definido. En las variedades susceptibles las lesiones coalescen y necrosan más del 50% de la hoja (MAG 1991).

3.1.4.2.2 Añublo de la Vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn)

Las lesiones típicas son de aspecto húmedo, forma elíptica un poco irregular, de 2 a 3 cm de longitud y de color verde grisáceo, tienen un centro blanco grisáceo y márgenes de color café rojizo, las lesiones pueden juntarse, causando la necrosis de la hoja (FLAR 1998).

En el campo, la enfermedad suele presentarse en “parches” irregulares dentro del cultivo. Los síntomas se manifiestan, generalmente, a partir del periodo de máximo macollamiento, inicialmente sobre las vainas que se encuentran cerca del nivel del suelo (Meneses *et al.* 2008).

3.1.4.2.3 Escaldado de la Hoja (*Gerlachia oryzae* (Hashioka et Yokogi))

Los síntomas en las hojas aparecen desde los treinta días después de la germinación hasta la floración, sobre todo en la hoja bandera y las dos hojas inferiores a ella. Dichas lesiones se inician en el ápice foliar, de forma triangular y abarca todo el ancho de la hoja y una porción longitudinal, tiene apariencia

húmeda y líneas oscuras que se alternan con bandas cafés y rojizas. Se pueden extender hacia la base de la hoja hasta que abarcan todo el ancho foliar (Meneses *et al.* 2008).

Esta enfermedad afecta más las plantas adultas, después del estado de formación de panícula, siendo más severa en campos de secano y en condiciones de alta humedad relativa (CIAT 1985).

3.1.4.2.4 Mancha Café (*Helminthosporium oryzae* Breda de Hann)

Esta enfermedad se desarrolla principalmente en aquellos cultivos que sufren un desequilibrio de potasio o que crecen en suelos de escasa fertilidad; además el sombreado excesivo de las plantas de arroz favorece la enfermedad (De Datta 1986).

Las lesiones iniciales son puntos o manchitas circulares de 0,5 mm de color café; se pueden confundir con lesiones iniciales de *Pyricularia grisea*. La lesión desarrollada alcanza 2 mm de ancho y 0,5 a 6 mm de largo, es de conformación ovoide con el centro de color blanco grisáceo y el borde café rodeado por un halo amarillento, las lesiones se distribuyen con uniformidad en la lamina foliar y a partir de la etapa de la floración la hoja bandera es la más afectada (MAG 1991).

3.1.4.2.5 Añublo Bacterial (*Burkholderia glumae*)

Esta enfermedad se expresa en la planta como una pudrición de la vaina, decoloración y esterilidad de los granos. El patógeno inicialmente coloniza la hoja bandera invadiendo las espiguillas en la época de floración hasta causar la pudrición del grano. Esta bacteria puede propagarse a través de semillas, el suelo y malezas hospederas en el campo; el proceso de infección depende de la susceptibilidad varietal, de la cantidad del inoculo y los factores climáticos, que juegan un papel importante en la incidencia y severidad de la enfermedad (FLAR 2010).

3.1.4.2.6 Pudrición Fungosa de la Vaina (*Sarocladium oryzae* Sawada-Gams y Hawsk)

Las lesiones aparecen en las vainas de las hojas superiores y en la vaina de la hoja bandera, estas lesiones son oblongas y alargadas con borde café y centro grisáceo. A medida que la enfermedad progresa, las lesiones se alargan y coalescen, cubriendo gran parte de la vaina de la hoja. Infecciones severas y tempranas no permiten que la panícula emerja completamente y en algunas ocasiones se pudra; las panículas que logran emerger presentan flores curvas y de color café rojizo a café oscuro. La esterilidad y el vaneamiento de los granos son síntomas que también están asociados con el ataque de esta enfermedad (Meneses *et al.* 2008).

3.1.4.2.7 Falso Carbón (*Ustilaginoidea virens* (Cooke))

En nuestro país, no es considerada una enfermedad importante del arroz. Las lesiones se presentan durante la fase de maduración del grano, los síntomas son visibles a gran distancia. En las espiguillas individuales de la panícula, entre las glumas, produce masas de esporas que le dan al grano forma de bola con tonalidades anaranjadas, verde amarillentas y finalmente negras aterciopeladas (MAG 1991)

3.1.4.2.8 Pudrición Bacteriana de la Vaina (*Pseudomonas fuscovaginae* (Tanii, Miyajima and Akita))

Las manchas se presentan en la vaina de la hoja bandera y en la panícula; son cafés, pequeñas entre 1 a 5 mm de diámetro, las cuales se unen y forman grandes manchas difusas que necrosan toda la vaina y se puede extender al tallo. El tejido afectado es de aspecto húmedo. En casos severos, toda la vaina, hoja y su cuello se necrosan y secan (Meneses *et al.* 2008).

Durante la emergencia de la panícula produce una necrosis café, húmeda que detiene el crecimiento. Las glumas de las flores en desarrollo se tornan café oscuras. Las flores que emergen no llevan normalmente y el grano se mancha de café o es vano. En los casos que hay emergencia normal, los granos llenos se manchan o decolora (MAG 1991).

3.1.4.2.9 **Tizón Foliar Bacteriano** (*Xanthomonas oryzae* (Ishiyama) Swings et al.))

Los primeros síntomas comprenden lesiones onduladas amarillas a lo largo de los bordes de la parte superior de la lámina de las hojas. Estas lesiones avanzan rápidamente paralelas a las nervaduras y se extienden en dirección lateral hacia las regiones sanas. En casos extremos, una gran parte de toda la lámina de la hoja es infectada, se forma de color amarillo o blanco sucio y finalmente muere (De Datta 1986).

3.1.4.3 **Malezas**

La identificación del complejo de malezas que se tienen en la plantación de arroz es fundamental para la adecuada estrategia de control, sobre todo en estos tiempos, en los que se cuenta con herbicidas tan específicos.

Según Chávez¹, las malezas más importantes en finca La Vega, durante la cosecha de arroz en el 2011 fueron las siguientes: Arroz Pato (*Oryza latifolia* Desv.), Pata de Gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.), Arrocillo (*Echinochloa colona* (L.) Link), Caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton.), Eclipta (*Eclipta alba* (L.) Hassk), Coyolillo (*Cyperus rotundus* (L.)).

3.2 **Nutrición del arroz**

La nutrición es el suministro y absorción de aquellos elementos químicos nutritivos que requiere un organismo. Los nutrientes necesarios para los cultivos son los elementos, o compuestos inorgánicos simples, indispensables para su crecimiento y que no pueden ser sintetizados por la planta durante los procesos metabólicos normales (De Datta 1986).

3.2.1 **Nitrógeno**

El nitrógeno es el elemento clave para la productividad de todos los cereales y en arroz reviste de mayor importancia desde el punto de vista de su aprovechamiento o eficiencia de utilización por la planta, por cuenta su aplicación

¹ Chávez, G. 2012. Comunicación personal. ITCR, San Carlos.

está sujeta a diversos procesos de pérdidas, de no manejarse adecuadamente, ya que en todo caso la eficiencia con que la planta utiliza el fertilizante nitrogenado está entre 20 y 40% del nitrógeno aplicado (INIA 2004).

3.2.1.1 Función y movilidad

El nitrógeno es un constituyente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleicos y de la clorofila. Promueve el rápido crecimiento (incremento en el tamaño de la planta y en el número de macollos) y aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteína en el grano. En consecuencia el nitrógeno afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento (Dobermann y Fairhurst 2000).

Las principales formas de nitrógeno absorbido por la planta son: amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). La mayoría de amonio absorbido se incorpora a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el nitrato es más móvil en el xilema y también se almacena en las vacuolas en las diferentes partes de la planta (Dobermann y Fairhurst 2000).

El nitrógeno contenido en la urea, el sulfato de amonio o el fosfato diamónico corresponden a la forma amoniacal y a las formas nítricas corresponde el nitrato de amonio.

La urea es la principal fuente de nitrógeno para el cultivo del arroz por su fácil disolución en el medio. Los problemas del uso de la urea incluyen su higroscopicidad, su rápida descomposición por la enzima ureasa a amonio y dióxido de carbono y el incremento temporal que producen en el pH del suelo. Las pérdidas de nitrógeno de la urea oscilan entre el 60 y el 80% (CIAT 1985).

3.2.1.2 Síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento

La deficiencia de N es la más común en el arroz, y se presenta comúnmente en todos los suelos donde se cultivan las variedades modernas de arroz sin suficiente fertilizante nitrogenado; aunque también se pueden mencionar otros factores que condicionan la respuesta del arroz a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, entre los cuales destacan: las condiciones edáficas, las

condiciones climáticas, la variedad de arroz sembrada, el manejo del cultivo y el manejo del fertilizante (CIAT 1985).

Los síntomas de deficiencia se dan principalmente en las hojas viejas, y algunas veces en todas las hojas, las mismas toman un color verde claro con las puntas más amarillentas. Excepto por las hojas jóvenes que son más verdes, todas las hojas son angostas, cortas, erectas y de color verde amarillento. Esta deficiencia resulta en menor macollamiento, menor número de hojas, plantas pequeñas, se reduce el número de granos (Dobermann y Fairhurst 2000).

La deficiencia de nitrógeno puede deberse a uno o más de los siguientes factores:

- Baja capacidad de suplemento de nitrógeno del suelo.
- Insuficiente aplicación de fertilizantes nitrogenados minerales.
- Baja eficiencia de utilización de nitrógeno (pérdidas por volatilización, desnitrificación, lixiviación, escorrentía, e incorrecto fraccionamiento y colocación).
- Pérdidas de nitrógeno debido a lluvias intensas (lixiviación y percolación).
- Secamiento temporal del suelo durante el periodo de crecimiento.
- Deficiente fijación biológica de nitrógeno por severa deficiencia de fósforo.

3.2.1.3 Manejo en el cultivo

El nitrógeno es requerido durante todo el periodo de crecimiento, pero la mayor necesidad se presenta entre el inicio y mediados del macollamiento, y al inicio de la panoja. Un suplemento adecuado de N es necesario durante la maduración del grano para retrasar la senescencia de las hojas, mantener la fotosíntesis durante el llenado de grano e incrementar el contenido de proteína en el grano (Dobermann y Fairhurst 2000).

La mayor proporción de nitrógeno que absorbe la planta hasta la floración se acumula en la hoja. Luego, aproximadamente, 50% del nitrógeno de toda la estructura vegetal se trasloca rápidamente hacia la formación del grano. La absorción de la otra mitad del nitrógeno acumulado en el grano se produce después de la floración (INIA 2004).

La época y métodos adecuados de aplicación de estos fertilizantes permiten reducir posibles pérdidas y favorece la eficiencia de recuperación por el cultivo. Una guía para la fertilización nitrogenada puede considerar una aplicación básica durante la preparación del terreno, seguida de dos aplicaciones más a realizar, preferentemente, en las etapas de macollamiento e inicio de la formación de la panícula. Una aplicación adicional a la floración podría ser factible si las hojas no presentan su color verde intenso (INIA 2004).

En general, se puede decir que las variedades de arroz en Costa Rica responden positivamente al nitrógeno, en un rango que va de 80 a 180 kg/N/ha. La gran variación depende principalmente de la variedad y del sistema de cultivo. (Cordero 1993).

3.2.2 Potasio

3.2.2.1 Función y movilidad

El potasio es esencial para que ocurran normalmente diversos procesos en la planta. Entre estos se pueden mencionar la osmoregulación, activación de enzimas, regulación del pH y balance de aniones y cationes en las células, regulación de la transpiración por los estomas y transporte de los fotosintatos hacia el grano. El potasio fortalece las paredes celulares y está envuelto en la lignificación de los tejidos escleróticos. A nivel de toda la planta, el potasio incrementa el área foliar y el contenido de clorofila, retrasa la senescencia y por lo tanto contribuye a una mayor fotosíntesis y crecimiento del cultivo (Dobermann y Fairhurst 2000).

A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no tiene efecto mayor en el macollamiento, sin embargo, su presencia incrementa el número de granos por panícula, el porcentaje de granos llenos y el peso de 1000 granos. Por otro lado mejora la tolerancia de la planta a las condiciones adversas, al acame y al ataque de insectos y enfermedades (Dobermann y Fairhurst 2000).

El cloruro de potasio es la principal fuente de fertilizantes de este elemento que se aplica en arroz, debido a su bajo costo de producción y a su alto contenido de K_2O (60%).

3.2.2.2 Síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento

Los síntomas de deficiencia tienden a aparecer primero en las hojas viejas, debido a que el K es móvil dentro de la planta y se transloca de las hojas en senescencia a las hojas jóvenes.

Los primeros síntomas de la deficiencia aparecen como plantas de color verde oscuro que tienen hojas con los márgenes de color café amarillento o parduzco o manchas necróticas de color café oscuro en la punta de las hojas viejas. Las hojas superiores son cortas, agobiadas y de un color verde oscuro sucio; las puntas y los márgenes de las hojas se pueden secar (Dobermann y Fairhurst 2000).

La deficiencia de potasio afecta el crecimiento en general y reduce el macollamiento; se da una mayor incidencia al acame de las plantas; se da una senescencia temprana de las hojas, marchitamiento y enrollamiento de las hojas; puede ocasionar un alto porcentaje de espiguillas vanas o parcialmente llenas; incremento en la incidencia de enfermedades (INIA 2004).

A menudo no se detectan los síntomas de deficiencia de potasio porque estos no son tan fáciles de reconocer como los síntomas de deficiencia de fósforo y nitrógeno. Esto se debe a que los síntomas de deficiencia de potasio tienden a aparecer durante periodos más avanzados del ciclo de crecimiento (Dobermann y Fairhurst 2000).

3.2.2.3 Manejo en el cultivo

La respuesta del arroz al potasio ha sido siempre menos frecuente que las respuestas de nitrógeno y fósforo y a veces es errática. No obstante, a este elemento se le atribuyen varios beneficios en el desarrollo del cultivo. Varios autores consideran que es necesario aplicar potasio al arroz cuando se hacen altas aplicaciones de nitrógeno; se siembra en suelos compactados de mal drenaje; hay condiciones climáticas y fitosanitarias desfavorables; se siembra en suelos livianos lixiviados pobres en potasio y hay en el suelo exceso de calcio, magnesio o sodio con respecto al potasio (CIAT 1985).

3.2.3 Fósforo

En América Latina la deficiencia de fósforo es común en los suelos ácidos, como los Ultisoles y los Oxisoles, en los cuales no solo es baja su disponibilidad, sino además algunos de ellos son altos fijadores del fósforo aplicado, produciendo compuestos insolubles, poco o nada disponibles para las plantas (CIAT 1985).

3.2.3.1 Función y movilidad

El arroz, al igual que cualquier otro cereal, requiere una cantidad considerable de fósforo para lograr un crecimiento vigoroso y producir un alto rendimiento de grano.

Es un constituyente esencial de la adenosina trifosfato (ATP), nucleótidos, ácidos nucleídos y fosfolípidos. Sus principales funciones son el transporte y almacenamiento de energía y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular. El fósforo es móvil dentro de la planta, promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración (Dobermann y Fairhurst 2000). También está involucrado con el desarrollo adecuado del grano y el mejoramiento de su valor nutritivo.

Durante la fase vegetativa y hasta la floración, el fósforo se acumula en raíces y hojas. Posteriormente se traslada rápidamente al grano, donde se concentra 75% del fósforo absorbido por la planta (INIA 2004).

3.2.3.2 Síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento

Las plantas de arroz deficientes de fósforo son pequeñas y tienen muy bajo macollamiento. Las hojas son estrechas, pequeñas y muy erectas, y presentan un color verde oscuro. Los tallos son delgados y alargados, y el desarrollo de la planta se retarda. Se reduce también el número de hojas, panículas, y granos por panícula. Si la variedad tiende a producir antocianinas las hojas pueden desarrollar un color rojo o púrpura (Dobermann y Fairhurst 2000).

3.2.3.3 Manejo en el cultivo

En la práctica de fertilización de arroz, el fósforo es aplicado regularmente en una sola dosis inicial. El fraccionamiento del elemento no es fundamental, debido a su gran movilidad desde las hojas viejas hacia las nuevas (INIA 2004).

Es particularmente importante en las primeras fases de crecimiento. Se requiere aplicar fertilizantes fosfatados cuando el sistema radicular de la planta de arroz no está todavía completamente desarrollado y el suplemento de fósforo del suelo es bajo (Dobermann y Fairhurst 2000).

3.3 Densidad de siembra en arroz

La densidad de siembra es un componente importante en el manejo para una mejor productividad del arroz. Generalmente los agricultores en Costa Rica emplean altas densidades de siembra (de 3,5-4 qq/ha). Sin embargo, no hay trabajos técnicos que demuestren que esta práctica sea la mejor (CONARROZ 2005).

El uso de densidades de siembra superiores a los 140 kg/ha de semilla, trae consigo problemas relacionados con la competencia dentro del cultivo mismo, determinando, al final del ciclo de cultivo, plantas con menor desarrollo, escaso macollamiento y con espigas más cortas que las de una planta normal.

Igualmente, las altas densidades de siembra dan lugar a la creación de ambientes favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas y criaderos de plagas, dado el crecimiento tupido que se observa bajo estas condiciones. Por lo demás, resta señalar que este crecimiento profuso limita la eficacia de los agroquímicos, al mismo tiempo que, asociado con una alta fertilización nitrogenada, favorece el volcamiento de plantas en campo. Todo esto incide en menores rendimientos y afecta la ganancia de los productores.

Los productores de arroz tienden a utilizar altas densidades de siembra, bajo el argumento de que la intención es asegurar una buena población, ya que pueden existir pérdidas por daño de aves, deficiencias en la nivelación y

preparación del terreno, tipo de semilla utilizada y porcentaje de germinación (Jiménez *et al.* 2009).

Con la utilización de densidades de siembra de entre 2-2,5 qq/ha, se obtienen las poblaciones necesarias para alcanzar altos rendimientos. Con esta población se obtienen plantas más sanas con tallos más fuertes y capaces de responder a la fertilización, dando como resultado un mayor rendimiento. Además, la disminución de la densidad de siembra reduce los costos y permite realizar el tratamiento de la semilla con fungicidas y/o insecticidas, logrando un cultivo sano y fuerte que minimice el ataque de enfermedades fungosas e insectos (CONARROZ 2005).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

El trabajo se realizó en el lote #1 del área de cultivos de Finca La Vega, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Según Chávez² dicho lote presenta un suelo con características de textura franca, los cuales son favorables a las pérdidas de fertilizante y agua; además de tener contenidos medios de fósforo y potasio.

La finca se localiza en el caserío de La Vega, distrito de Florencia en el cantón de San Carlos, de la provincia de Alajuela, Costa Rica. Esta zona está ubicada a 10° 26' Latitud Norte, 84° 32' Longitud Oeste, a una altura de 75 msnm. Además según Holdridge (1983) la finca se ubica en la zona de vida bosque tropical húmedo.

Las lluvias durante el periodo de estudio fueron de 966,9 mm; siendo el mes con menos precipitación febrero con 47,4 mm, como se observa en el cuadro 1; mientras que el de mayor fue junio con 357 mm. La temperatura máxima se produjo en mayo con 34,8°C; mientras que la mínima fue de 15°C en febrero.

Cuadro 1: Datos climáticos durante el desarrollo del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Mes	T Min (°C)	T Max (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación mensual (mm)	Precipitación diaria (mm)
Enero	17,9	32,2	82	130,6	4,2
Febrero	15	33	79,9	47,4	1,6
Marzo	16,6	33	84,9	81,7	2,6
Abril	16	34,6	83,0	70,2	2,3
Mayo	20	34,8	91,3	357	11,5
Junio	19,4	34,6	90,4	280	9,3
Total				966,9	

² Chávez, G. 2012. Comunicación personal. ITCR, San Carlos.

La información anterior fue obtenida en la Estación Meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Santa Clara de San Carlos, ubicada aproximadamente a 10 Km. del área de siembra, por lo que los datos no necesariamente reflejan el comportamiento climático de La Vega.

4.2 Tratamientos

En este trabajo se evaluó el desarrollo y la producción del cultivar C-7 STEC, utilizando diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización.

Se utilizaron tres densidades de siembra, con las siguientes cantidades de semilla: 90kg, 112,5kg y 135kg/ha (2,0; 2,5 y 3,0 quintales por hectárea). Con respecto a los niveles de fertilización, se utilizaron los cuatro niveles de nitrógeno siguientes: 50; 75; 100 y 125 kg/ha; los dos niveles de potasio siguientes: 60 y 90 kg/ha y una dosis única de fósforo: 60 kg/ha. En total se tuvieron 24 tratamientos, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2: Tratamientos del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Tratamiento	Densidades de Siembra	Dosis Fertilizante (kg/ha)	
		N	K ₂ O
1	2 qq	50	60
2		50	90
3		75	60
4		75	90
5		100	60
6		100	90
7		125	60
8		125	90
9	2,5 qq	50	60
10		50	90
11		75	60
12		75	90
13		100	60
14		100	90
15		125	60
16		125	90
17	3 qq	50	60
18		50	90
19		75	60
20		75	90
21		100	60
22		100	90
23		125	60
24		125	90

4.2.1 Distribución de tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron de la forma en que se muestra en la figura 1.

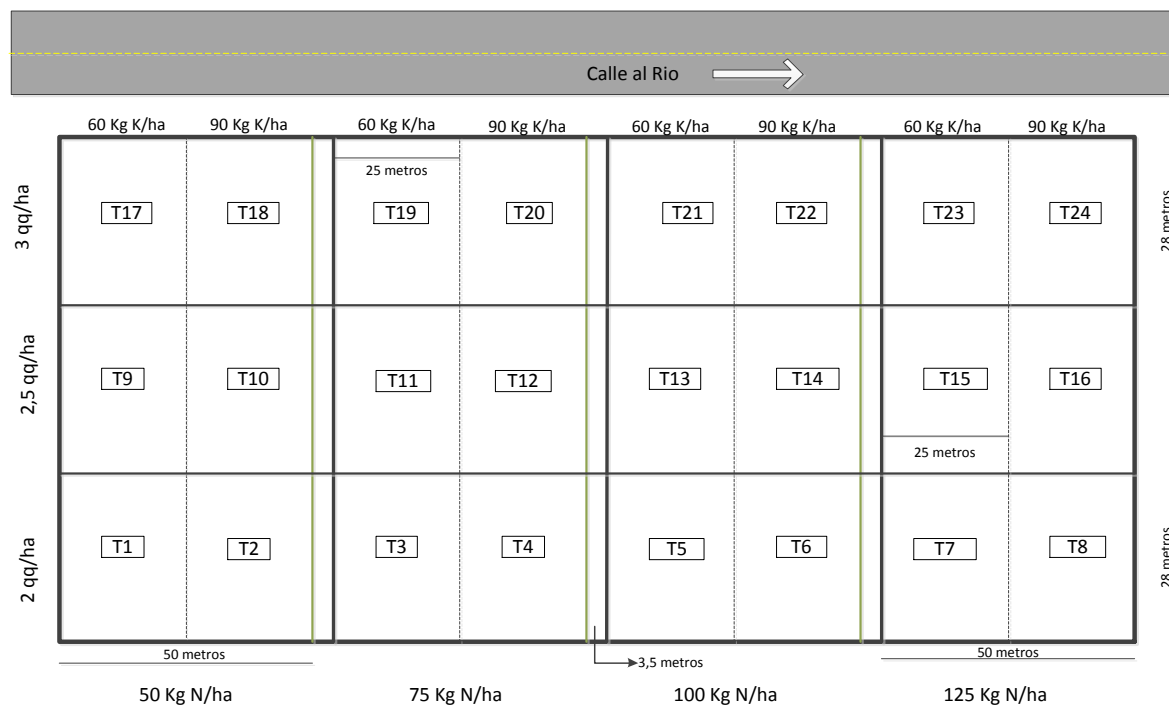


Figura 1: Distribución de tratamientos del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

4.3 Dimensiones del ensayo

Las dimensiones que se utilizaron en el ensayo se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3: Dimensiones del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Descripción	Área
Área bloque de densidad de siembra	28m x 210,5 m = 5.894 m²
Área de bloque fertilización nitrogenada	28 m x 50 m = 1.400 m²
Área entre bloques de fertilización nitrogenada	28 m x 3,5 m = 98 m²
Área de la parcela experimental	28m x 25 m = 700 m²
Área de la parcela útil	25 m x 20 m = 500 m²
Área total del ensayo	5.894 m x 3 m = 17.682 m²

4.4 Material experimental

La semilla de arroz que se utilizó es del cultivar C-7 STEC, la cual se obtuvo en la propia finca en la cosecha del 2011. La misma se adquirió de un cultivar conocido como línea 7, la cual se sometió a un proceso de saneamiento y selección durante las cosechas 2009 y 2010.

Según Chávez³ en las observaciones realizadas en la cosecha de invierno en finca La Vega de este material, se puede decir que la duración del ciclo es de aproximadamente 110 días (parecido a la variedad Palmar 18); tiene un macollamiento intermedio; tallos fuertes; granos largos con una expresión variable de presencia de arista; tolerante a problemas de enfermedades bacterianas; altamente tolerante a *Pyricularia grisea*; moderadamente susceptible a *Rhizoctonia solani*; con muy buena ejerción de la panícula y trilla intermedia. Los análisis realizados a la cosecha sobre calidad molinera en el 2011, mostraron los

³ Chávez, G. 2012. Comunicación personal. ITCR, San Carlos.

siguientes resultados: rendimiento de pilada 71,7 %, rendimiento grano entero 61,8 %, rendimiento grano quebrado 8 %, Puntilla 1,9 %.

4.5 Manejo agronómico

Durante el desarrollo del ensayo se utilizaron todas las labores y prácticas agrícolas que requirió el cultivo, las mismas se describen a continuación:

4.5.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno donde se llevó a cabo el ensayo, se realizó a inicios del mes de Enero del 2012, el cual básicamente consistió en tres pases de rastra.

4.5.2 Siembra

La siembra se realizó a finales del mes de enero, mecánicamente, utilizando una sembradora abonadora a chorro continuo marca Tatú, de 15 líneas de descarga de semilla y fertilizante, con un ancho de labor de 2,2m.

Antes de realizar la siembra se procedió a calibrar el implemento utilizado, según las densidades teóricas de semilla que se utilizarían según tratamiento (Cuadro 4).

Cuadro 4: Calibraciones teóricas y de campo utilizadas en el ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Densidades	Teórica (qq/ha)	Campo (qq/ha)
A	2	2,06
B	2,5	2,58
C	3	3,03

4.5.3 Riego

Es importante mencionar que el ensayo se encontraba establecido dentro de un área de siembra comercial, por lo que las decisiones de manejo que se implementaron en el área comercial, también se utilizaron en el ensayo.

Debido a las condiciones climáticas adversas, se decidió el uso del riego por aspersión, para lo cual se utilizó un sistema denominado cañón viajero, el cual está unido a una manguera de 10 cm de diámetro que se enrolla automáticamente controlada por la programación de una computadora.

El equipo de riego es marca Ocmis, modelo VR3; la cual se reguló a 3 bares de presión, con una boquilla número 26 para una descarga de agua de 43,92 m³/hora.

Se llevaron a cabo cinco riegos desde los 60 hasta los 104 dds, los mismos fueron en los momentos en que el arroz presentaba síntomas de déficit hídrico.

4.5.4 Control de malezas

Al encontrarse el ensayo dentro de una área de siembra comercial, el programa de manejo fitosanitario que se utilizó, fue el mismo que se usó en el área comercial.

Para el control de malezas se usaron diferentes métodos: cultural, químico y manual. El control cultural se realizó al momento de la preparación del suelo, con el pase de rastras; el control químico se aplicó a la preemergencia, dos días después de la siembra (2 dds) y a la postemergencia (23 dds) del cultivo; mientras que manualmente se trató de controlar los escapes de malezas.

Los productos que se aplicaron para el control químico y sus correspondientes dosis se pueden observar en el Cuadro 5.

4.5.5 Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades se realizó químicamente, las fechas de las aplicaciones se establecieron según la etapa fenológica del cultivo y la posible incidencia de plagas y enfermedades.

Los productos que se aplicaron para el control de plagas y enfermedades y sus correspondientes dosis se pueden observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 5: Programa de manejo fitosanitario aplicado antes y después de la siembra de arroz. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Periodo	Días después de la siembra	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis de PC/ha
Preemergencia del cultivo	2	Glifocol; Riffit; Machete; WK; Urea	Glifosato; Pretilaclor; Butaclor	3L; 2L; 2L; 400ml; 2Kg
Postemergencia del cultivo	23	Ectran; Wk;	Bispiribac de Sodio	166ml; 1L
		Engeo	Thiamethoxam + Lambda-Cihalotrina	500 ml
Desarrollo del Cultivo	63	Silvacur combi; Carbendazina; Curacron	Tebuconazole + Triadimenol; Carbendazim; Profenofos	0,8 L; 0,8 L; 1,5 L
Desarrollo del cultivo	97	Agry-Gent Plus; Cuprimicin; Carbendazina	Gentamicina + Oxitetraciclín; Estreptomina + Oxitetraciclina + Sulfato de Cobre; Carbendazim	830gr; 830 gr; 665ml
Desarrollo del cultivo	107	Agry-Gent Plus; Cuprimicin; Carbendazina	Gentamicina + Oxitetraciclín; Estreptomina + Oxitetraciclina + Sulfato de Cobre; Carbendazim	830gr; 830 gr; 665ml

4.5.6 Fertilización

Con respecto a los niveles de fertilización se utilizaron las combinaciones de diferentes dosis de nitrógeno (50, 75, 100,125 kg/ha) y de potasio (60, 90 kg/ha).

Todas las aplicaciones se realizaron con fertilizante granulado. La primera se realizó al momento de la siembra; mientras que la segunda y la tercera, su aplicación fue a mano en forma voleada.

La fertilización se realizó de acuerdo a las dosis de nutrientes previamente establecidas; las cuales se detallan a continuación:

4.5.6.1 Fósforo

Todo el fósforo fue aplicado al momento de la siembra, la sembradora fue calibrada a una dosis de 115 kg de fórmula comercial 11-52-0 por hectárea, lo cual representa 62 kg/ha de fósforo.

4.5.6.2 Potasio

La fertilización potásica se aplicó fraccionada, un 50% al inicio del macollamiento (22 dds) y el restante 50% a la diferenciación del primordio floral (57 dds), para esto se utilizó como fuente KCl, el cual tiene una concentración de 60 % de K_2O .

4.5.6.3 Nitrógeno

El nitrógeno faltante después de la primera fertilización, se dosificó un 40% en la segunda aplicación (inicio de macollamiento) y un 60% en la tercera (diferenciación del primordio floral), para lo cual se utilizó Urea, al 40% de N.

Cuadro 6: Programa de fertilización del nitrógeno del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Numero de aplicación	Edad del cultivo (dds)	Tratamiento (kg/ha)	Dosis aplicadas (kg/ha)	Producto
1	0	Aporte junto al fósforo	13,1	11-52-0
2	22	50	14,8	Urea
		75	24,8	
		100	34,8	
		125	44,8	
3	57	50	22,1	Urea
		75	37,1	
		100	52,1	
		125	67,1	

4.5.7 Cosecha

Las muestras de cada uno de los tratamientos fueron cosechadas de forma manual, mediante la utilización de un cuchillo, cortando las plantas al ras del suelo, y su trilla fue hecha en forma mecanizada con una trilladora de granos básicos.

4.6 Variables y criterios de medición

Las variables que se evaluaron se agruparon en características agronómicas, fitosanitarias, componentes de rendimiento y de calidad molinera.

Las evaluaciones se realizaron utilizando el Sistema de Evaluación Estándar en Arroz (S.E.E.A). La calidad molinera se evaluó según los criterios establecidos por el laboratorio de control de calidad de CONARROZ.

4.6.1 Aspectos agronómicos

Se realizaron mediciones semanalmente en cada uno de los tratamientos establecidos, dichos muestreos se hicieron por toda la parcela útil, distribuidos en forma de “zig-zag”, con el fin de obtener la mayor cantidad de información posible y la de mayor representatividad de cada parcela. Para facilitar este trabajo se utilizó una cuadrícula (0,25 m²), cinta métrica, libreta de campo, lupa, etc.

4.6.1.1 Porcentaje de germinación

Se realizó una prueba previa a la siembra para evaluar el porcentaje de germinación de la semilla que se utilizó, esto con el fin de evaluar la viabilidad de la misma.

Dicha prueba consistió en poner a germinar dos repeticiones de mil granos cada una.

4.6.1.2 Población

La variable evaluada fue la cantidad de plantas por metro cuadrado, desde la emergencia hasta que se dio el máximo macollamiento.

Las evaluaciones se realizaron contando las plantas presentes en una cuadrícula, y repitiendo este procedimiento en diferentes ocasiones, según el momento de la evaluación.

Para obtener la población inicial de plantas, se realizaron tres evaluaciones semanales a partir de los ocho días después de la siembra, las primeras dos evaluaciones se realizaron a los bloques de siembra, según la densidad, esto porque aun no se había empezado con el plan de fertilización establecido; se contaron 10 cuadrículas por densidad. La tercera evaluación se realizó en los 24 tratamientos, repitiendo el procedimiento en tres ocasiones por tratamiento.

Luego de esa actividad, se realizaron dos evaluaciones al momento de máximo macollamiento. La primera se realizó a los 37 dds y la segunda al momento del máximo macollamiento teórico (45 dds). En la primera se hizo 5 repeticiones y en la segunda se realizaron 10 repeticiones.

La última medición se llevó a cabo al momento de la cosecha y se repitió el procedimiento en cinco ocasiones por tratamiento.

4.6.1.3 Altura de planta

Con la ayuda de una cinta métrica, cada semana se midió la altura de la planta en centímetros. La misma se tomó desde la superficie del suelo hasta la punta de la hoja bandera o de la panícula más alta. Se registró la altura de diez plantas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos.

4.6.2 Componentes de rendimiento

Con respecto a las variables de rendimiento, se recolectaron muestras a los 126 dds. En cada tratamiento se cosecharon cinco cuadrículas siguiendo el patrón de muestreo establecido.

4.6.2.1 Tallos efectivos

En cada una de las unidades experimentales se procedió a clasificar las plantas cosechadas en tallos efectivos (con panículas) y tallos no efectivos.

4.6.2.2 Longitud y granos llenos por panícula.

A las plantas que se clasificaron como tallos efectivos se les procedió a medir la longitud de la panícula, desde la base o nudo ciliar al ápice de la panícula.

Las longitudes se clasificaron por tamaños, a saber:

- Pequeñas: Panículas menores a 20 cm.
- Medianas: Panículas entre 20 y 25 cm.
- Grandes: Panículas mayores a 25 cm.

De cada una de las longitudes, se seleccionaron al azar cinco panículas, y se procedió a determinar el número de granos llenos y vanos por panícula en cada uno de las unidades experimentales.

4.6.2.3 Peso de 1000 granos

Utilizando una balanza analítica se determinó el peso en gramos de 1000 granos con cáscara, esta variable se evaluó en cada una de las unidades experimentales.

Las evaluaciones anteriores se realizaron en el Laboratorio de Suelos, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, posterior a la cosecha de cada una de las unidades experimentales.

4.6.2.4 Rendimiento

En relación con el rendimiento se hizo una estimación del mismo en vista que no fue posible obtener el rendimiento de cada uno de los tratamientos, ya que la cosecha que se tenía programada, por cuestiones de manejo, se realizó muy tarde, por lo que se consideró más real trabajar con un dato estimado.

La estimación se obtuvo con base en el número de panículas por hectárea, asociado al tamaño de las panículas y al número de granos por panícula. Luego con el peso promedio de 1.000 granos se extrapola el peso total de todos los granos.

4.6.3 Calidad molinera

De la cosecha realizada, se tomó una muestra de 1,2 kilogramos de arroz de cada uno de los tratamientos en donde fue posible, de los tratamientos que no se recolectó tal cantidad, se hicieron muestras compuestas, agrupándolas por los niveles de fertilización en base al potasio.

En el cuadro 7 se muestran los tratamientos que componen cada una de las muestras, donde cada numero correspondió al tratamiento respectivo que formó parte de la muestra.

Cuadro 7: Tratamientos que componen cada una de la muestras enviadas al Laboratorio de Análisis de Calidad Molinera.

Muestra	Tratamientos
1	1
2	2
3	9
4	10
5	19
6	20
7	3 y 11
8	4 y 12
9	5, 13 y 21
10	6,14 y 22
11	7, 15 y 23
12	8, 16 y 24

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de control de calidad de CONARROZ, donde fueron analizadas tomando en cuenta los principales elementos que determinan la calidad molinera del arroz, como lo son: rendimiento de pilada (%), rendimiento grano entero (%), rendimiento grano quebrado (%), puntilla (%), grano yesoso y grano dañado.

En el cuadro 8 se muestran los factores y grados de calidad para el arroz en granza, según CONARROZ.

Cuadro 8: Factores y grados de calidad para el arroz en granza tipo largo, según CONARROZ 2008.

Porcentaje máximos de granos					
Grado de calidad	Semillas objetables y granos dañados por calor (Nº/500g)	Manchados	Yesosos	Rojos	Dañados
1	2	0,50	1,00	0,50	1,00
2	10	1,50	2,50	1,50	2,00
3	20	2,50	4,00	3,00	3,00
4	35	4,00	7,00	4,50	4,00
Según muestra (Sm): Se clasifica como “según muestra” al lote que no reúna los requisitos de alguno de los grados 1, 2, 3 y 4, de manera que la negociación será definida entre las partes.					

4.6.4 Comportamiento de las plagas

Se realizó observaciones sobre las especies de malezas, insectos y enfermedades de mayor incidencia en el área experimental. Sin embargo, estas variables no se estimaron con el propósito de medir el efecto de los tratamientos.

4.7 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con dos subdivisiones, los factores que se estudiaron fueron los siguientes: densidad de siembra, niveles de nitrógeno y niveles de potasio. En las parcelas principales (densidad de siembra) se usó un arreglo sistemático.

Las parcelas principales fueron divididas en cuatro subparcelas, en donde se evaluó los niveles de nitrógeno. Por último, cada una de las subparcelas fue dividida en dos sub-subparcelas, y en ellas se evaluó los niveles de potasio.

Con el arreglo espacial propuesto se tuvieron las fuentes de variación y los grados de libertad que se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 9: Fuentes de Variación y Grados de Libertad del Diseño Experimental.

Repeticiones (R) ⁴	$(r-1) = 9$
Densidades de Siembra (D)	$(d-1) = 2$
Error (a)	$(d-1) (r-1) = 18$
Parcelas Densidad de Siembra	$(rd-1) = 29$
Dosis de Nitrógeno (N)	$(n-1) = 3$
Interacción D x N	$(n-1) (d-1) = 6$
Error (b)	$d (r-1) (n-1) = 81$
Dosis de Nitrógeno	$rd (n-1) = 90$
Dosis de Potasio (K)	$(k-1) = 1$
Interacción K x D	$(k-1) (d-1) = 2$
Interacción K x N	$(k-1) (n-1) = 3$
Interacción K x N x D	$(k-1) (n-1)(d-1) = 6$
Error (c)	$nd (k-1) (r-1) = 108$
Total	$(rnkd-1) = 239$

⁴ El número de repeticiones dependerá de la variable a evaluar.

4.8 Análisis de datos

Las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza y las que mostraron diferencias estadísticamente significativas, se les aplicó pruebas de comparación de medias (prueba de rangos múltiples de Tukey ($\mu = 0.05$)).

5 RESULTADOS

5.1 Aspectos agronómicos

5.1.1 Porcentaje de germinación

Como primer punto que se realizó en el ensayo fue evaluar la viabilidad de la semilla que se pretendía utilizar en el mismo, por lo que se hizo una prueba de germinación.

Al final de la prueba la semilla tuvo un 93,2% de germinación, lo que significa que la semilla era apta para la siembra a nivel comercial.

5.1.2 Población

Como se puede observar en la siguiente figura, en las evaluaciones realizadas se siguió la misma tendencia, ya que a mayor densidad de siembra se dio una mayor población de plantas por metro cuadrado.

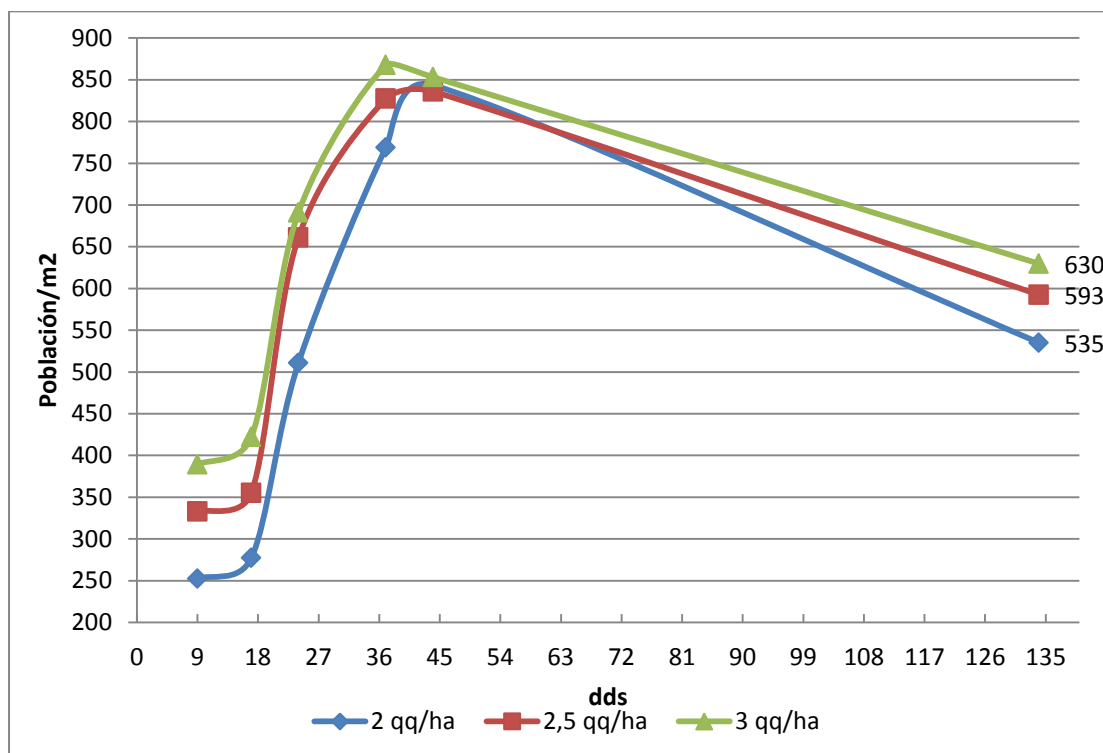


Figura 2: Efecto de la densidad de siembra sobre la población de plantas en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

En la evaluación final a los 134 dds, se encontró diferencias significativas ($p < 0,0001$) en la población de plantas entre las densidades de siembra utilizadas (Cuadro 1A).

Según la prueba de Tukey (Cuadro 10A), las diferencias se presentaron entre las densidad de 2 qq/ha con respecto a las de 2,5 y 3 qq/ha, siendo estas últimas las que presentaron la mayor población (593 y 630 plantas por m^2 respectivamente).

El efecto de la aplicación de diversas dosis de nitrógeno sobre la población de plantas, se tiene que analizar luego del segundo muestreo, esto por el hecho de que la primera aplicación diferenciada de nitrógeno se llevó a cabo hasta los 21 dds, es por esa razón que en las dos primeras evaluaciones todos los tratamientos tienen los mismos resultados.

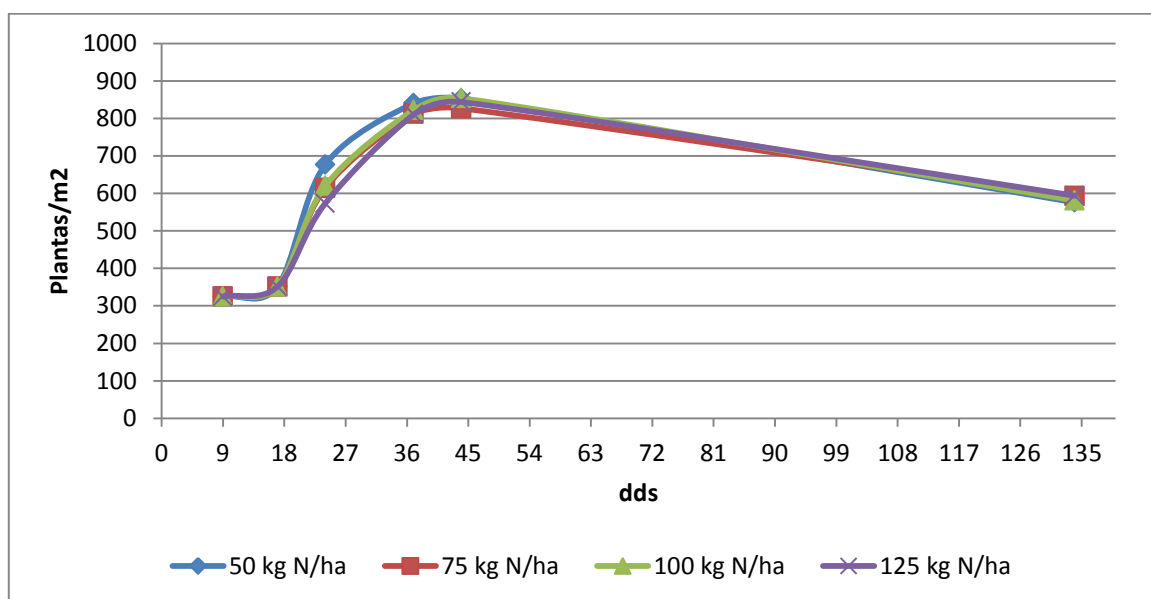


Figura 3: Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la población de plantas en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

A los 134 dds no se encontró diferencias significativas ($p = 0,7701$) en la población de plantas cuando se aplicó diferentes niveles de nitrógeno (Figura 3; Cuadro 1A).

Al analizar el efecto del potasio sobre la población de plantas, se tiene que tener a consideración lo mismo que para el nitrógeno, ya que las aplicaciones diferenciadas como se dijo, se realizaron después de los 21 dds.

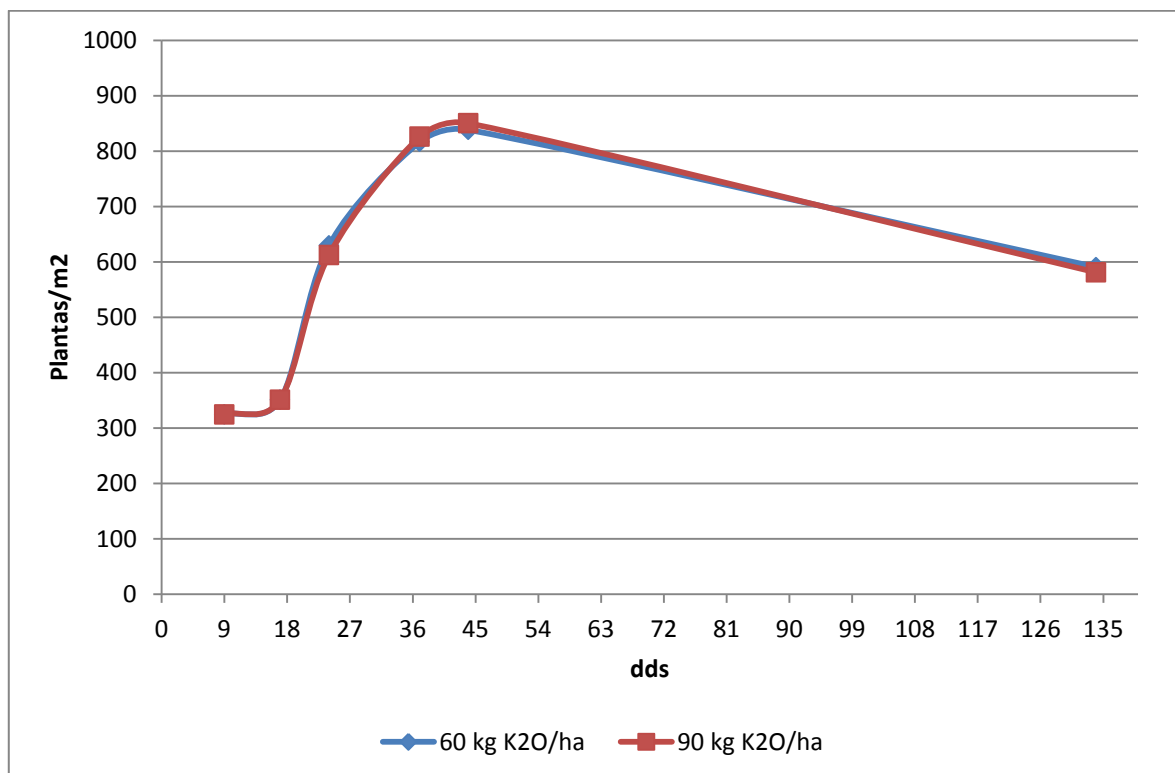


Figura 4: Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la población de plantas en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

No se encontró diferencias significativas ($p= 0,5034$) entre las medias de población de plantas con la aplicación de diferentes dosis de potasio (Figura 4; Cuadro 1A).

5.1.3 Altura

En la figura 5 se muestra el efecto de la densidad de siembra sobre la altura de las plantas; del gráfico podemos decir que a menor densidad de siembra las plantas alcanzaron una mayor altura promedio.

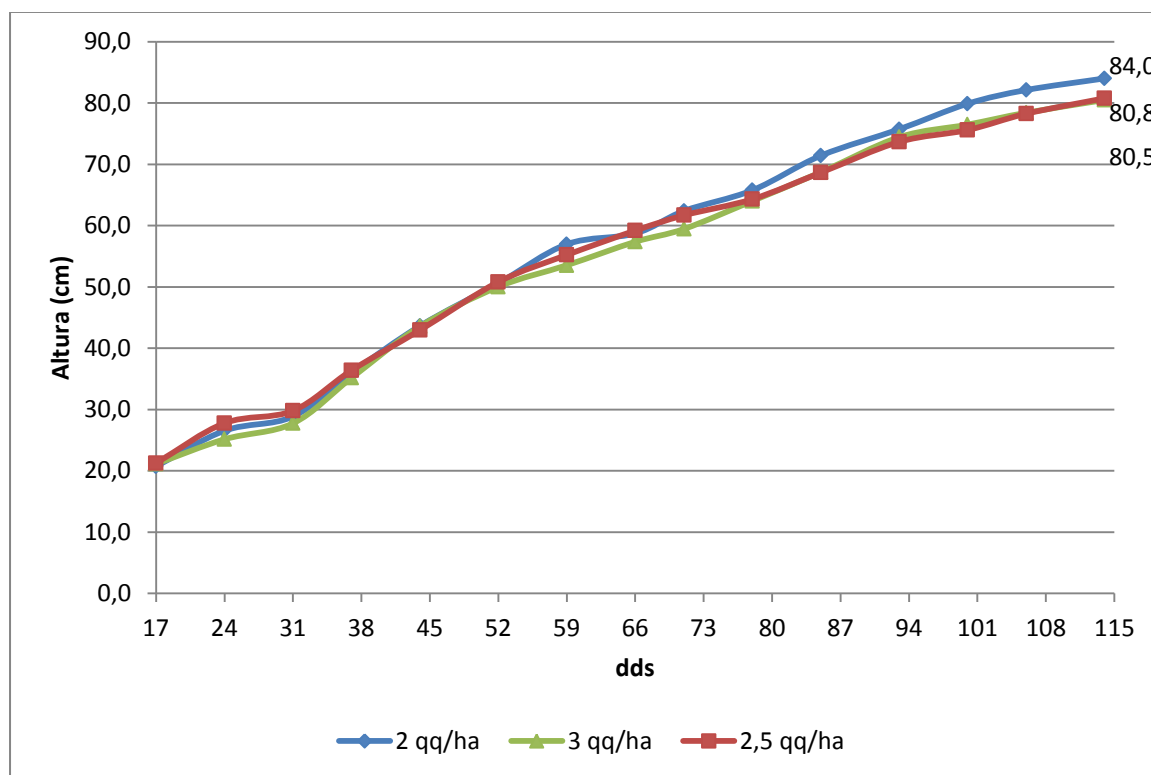


Figura 5: Efecto de la densidad de siembra sobre la altura de plantas a la edad de 144 dds en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

A los 114 dds, se encontró diferencias significativas ($p < 0,0001$) en la altura de plantas entre las densidades de siembras utilizadas (Figura 5; Cuadro 2A).

La prueba de Tuckey (Cuadro 11A) indica que la diferencia es entre las densidades 2,5 y 3 qq/ha con respecto a la de 2 qq/ha, la cual presenta la mayor altura de planta (84 cm).

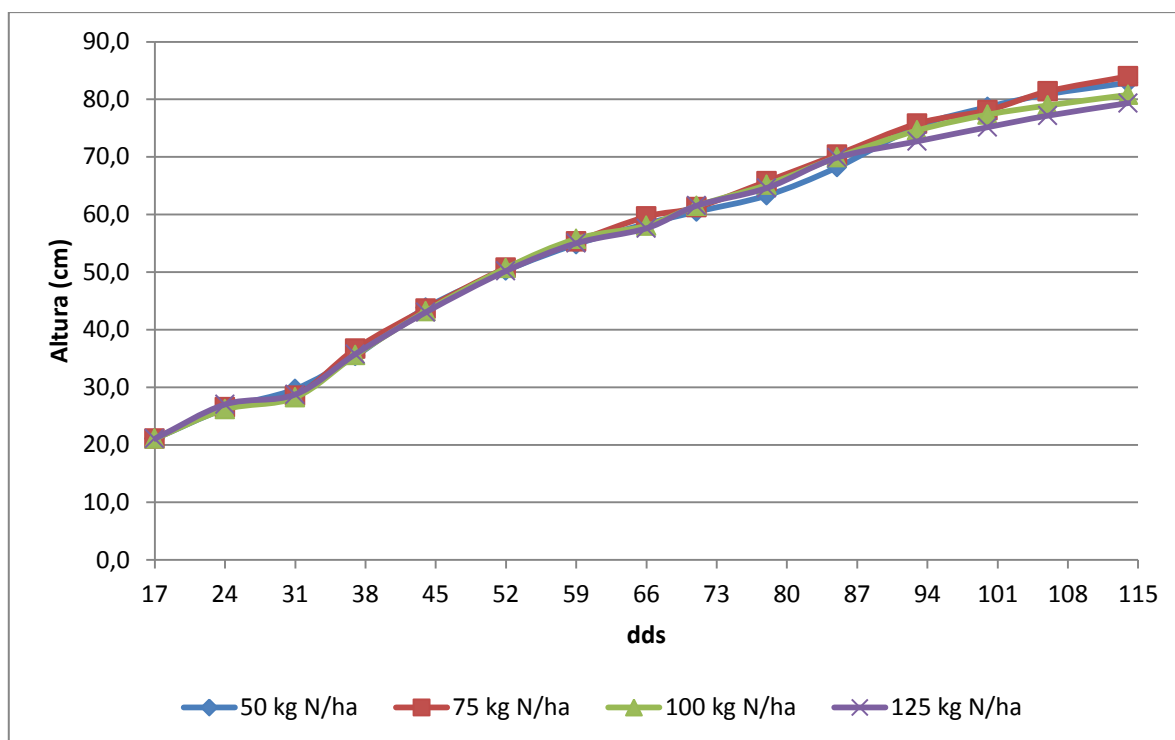


Figura 6: Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la altura de plantas a la edad de 114 dds en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

A los 114 dds, se encontró diferencias significativas ($p < 0,0001$) en la altura de plantas, cuando se aplicó diferentes dosis de nitrógeno (Figura 6; Cuadro 2A).

La prueba de Tukey (Cuadro 12A) muestra que las diferencias se presentan entre grupos de tratamientos, en donde los tratamientos 100 y 125 kg/ha tienen el promedio de altura más bajo si se compara con los tratamientos 50 y 75 kg/ha.

A los 114 dds, se encontró diferencias significativas ($p = 0,0003$) en la altura de plantas, cuando se aplicó diferentes dosis de potasio (Figura 7; Cuadro 2A).

La prueba de Tukey (Cuadro 13A), indica que la dosis de 60 kg/ha presenta un promedio de altura (82,6 cm) mayor que el que presenta 90 kg de K_2O /ha.

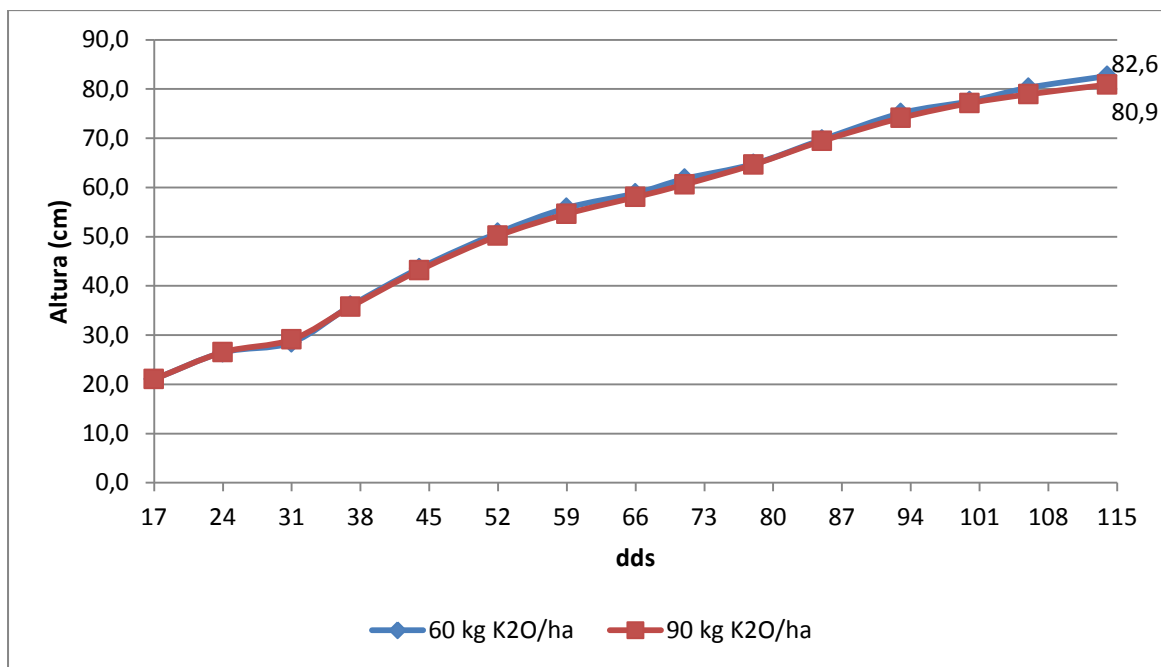


Figura 7: Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la altura de plantas a la edad de 114 dds en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

5.2 Componentes de rendimiento

La evaluación de los componentes de rendimiento es importante porque permite entender con mayor detalle la respuesta del cultivar a los tratamientos estudiados.

5.2.1 Tallos efectivos

Se encontró diferencias significativas ($p < 0,0001$) en la cantidad de tallos efectivos entre las densidades de siembra utilizadas (Figura 8; Cuadro 3A).

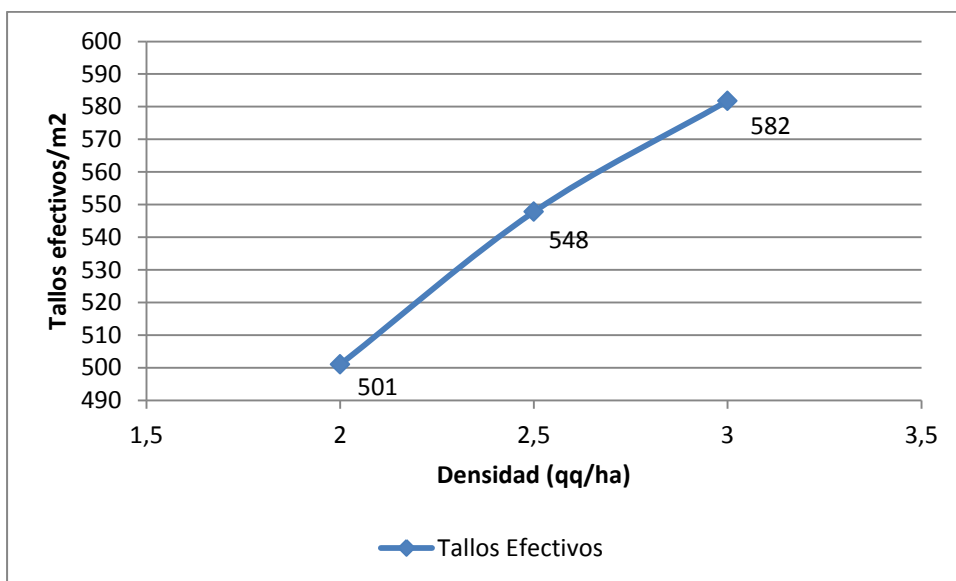


Figura 8: Efecto de la densidad de siembra sobre la cantidad de tallos efectivos por m^2 en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

La prueba de Tukey (Cuadro 14A) indica que la diferencia se da entre la densidad de 2 qq/ha con respecto a la de 2,5 y 3 qq/ha, las cuales presentan el mayor número de tallos efectivos (548 y 582 tallos por m^2).

No se encontró diferencias significativas ($p = 0,3512$) entre la dosis de nitrógeno aplicado al cultivo y la cantidad de tallos efectivos (Figura 9; Cuadro 3A).

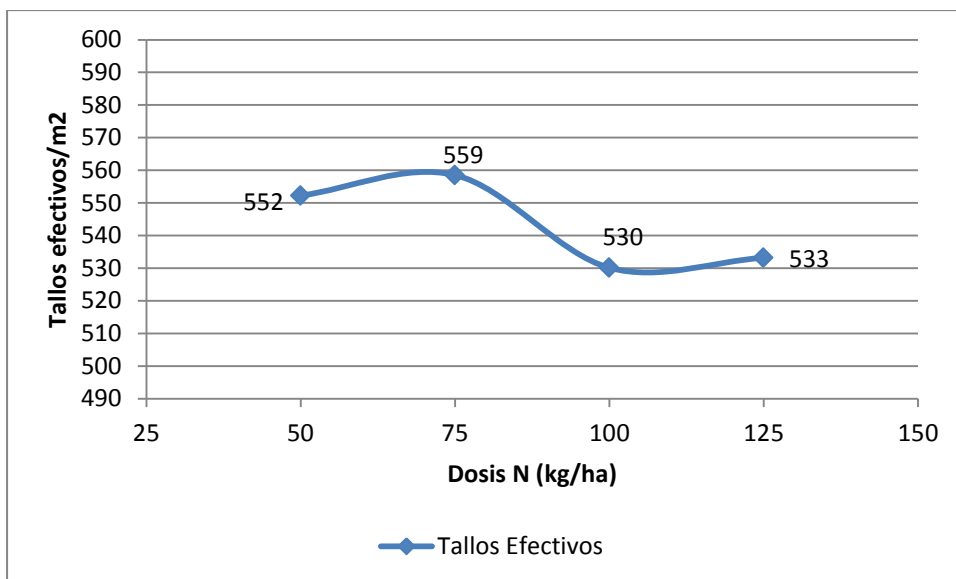


Figura 9: Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la cantidad de tallos efectivos por m² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

No se encontró diferencias significativas ($p= 0,6970$) entre la dosis de potasio aplicado y la cantidad de tallos efectivos (Figura 10; Cuadro 3A).

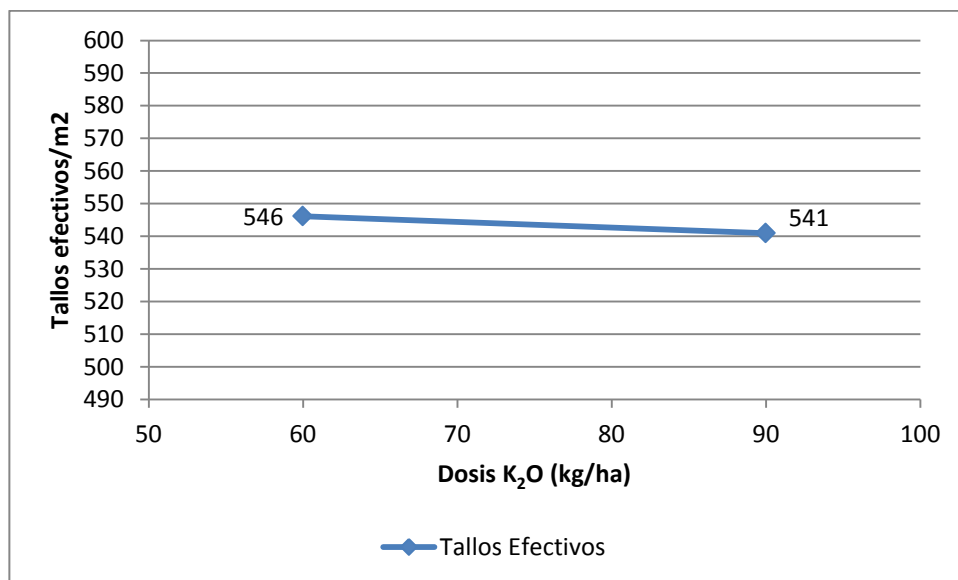


Figura 10: Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la cantidad de tallos efectivos por m² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

5.2.2 Longitud y Granos llenos por panícula

Como se muestra en la figura 11 y se corrobora en los Cuadros 4A, 5A y 6A se encontró diferencias significativas en el tamaño de las panículas pequeñas ($p < 0,0001$), medianas ($p = 0,0001$) y grandes ($p = 0,0075$) entre las densidades de siembra utilizadas.

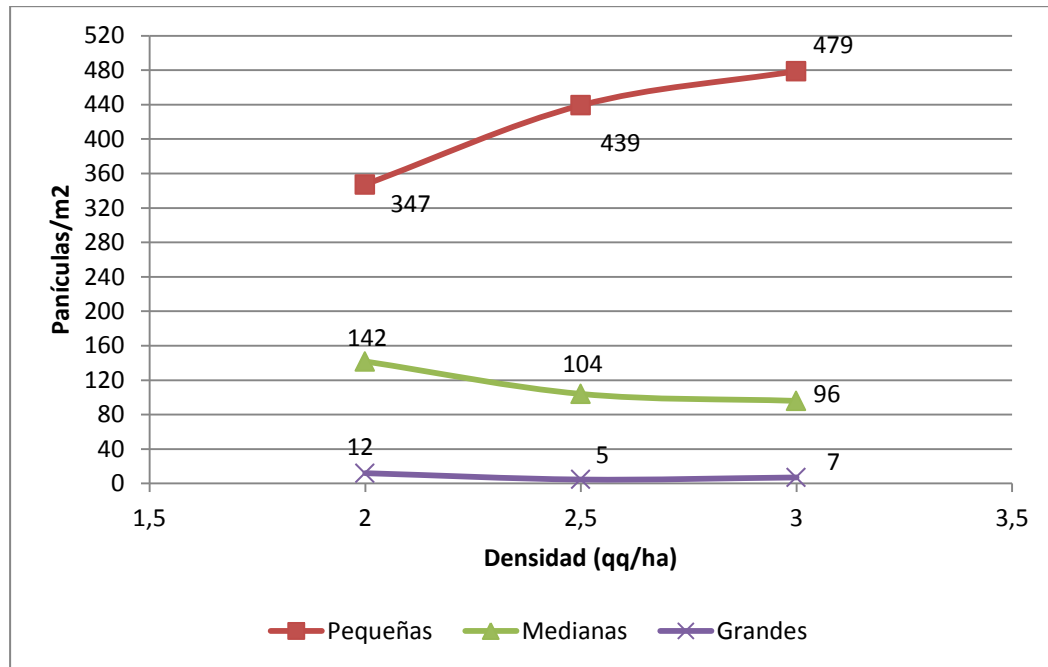


Figura 11: Efecto de la densidad de siembra sobre el tamaño de las panículas por m² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

La prueba de Tukey para las panículas pequeñas (Cuadro 15A) indica que la densidad de 2 qq/ha presenta el menor número de panículas pequeñas por m² (347); el mayor número de panículas medianas por m² (142) (Cuadro 16A) y el mayor número de panículas grandes por m² (12) (Cuadro 18A).

Únicamente se encontró diferencias significativas ($p = 0,0035$) en las panículas medianas, cuando se aplicó diferentes dosis de nitrógeno al cultivo (Figura 12; Cuadro 5A).

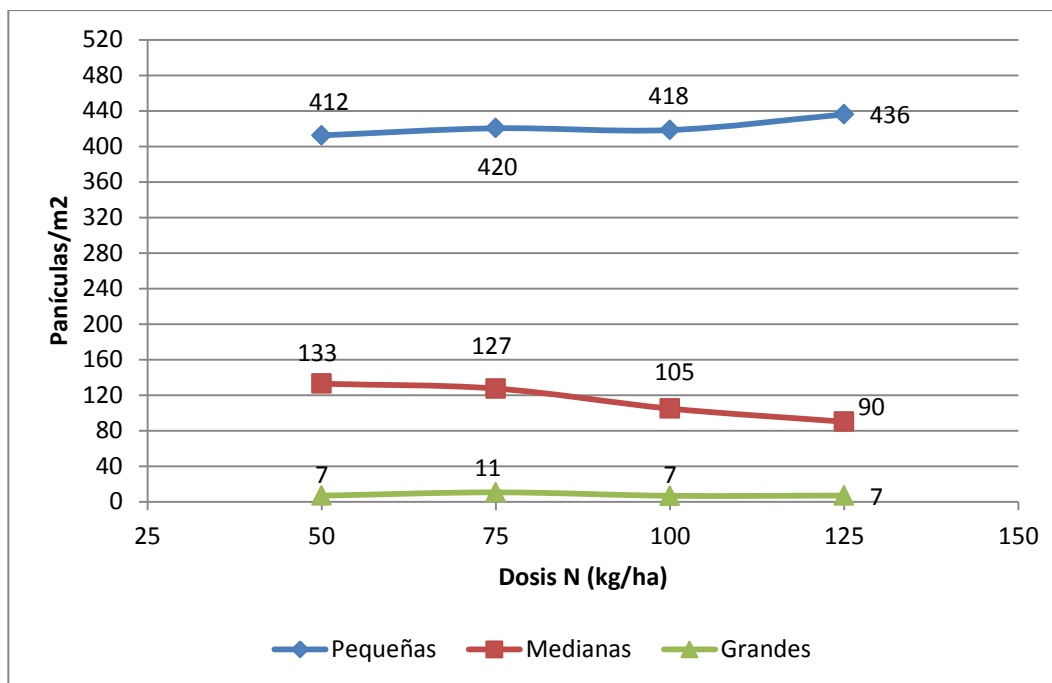


Figura 12: Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre el tamaño de las panículas por m² en el cultivar C-7 STEC. Finca La Vega, ITCR. San Carlos, 2012

La prueba de Tukey (Cuadro 17A), indica que la dosis de 50 kg/ha presentó el mayor número de panículas medianas por m² (133) en comparación con los tratamientos evaluados.

Se encontró diferencias significativas ($p= 0,0029$) en la cantidad de panículas grandes, cuando se aplicó diferentes dosis de potasio al cultivo (Figura 13; Cuadro 6A).

La prueba de Tukey (Cuadro 19A), indica que la dosis de 60 kg/ha presentó la mayor cantidad de panículas grandes por m² (11).

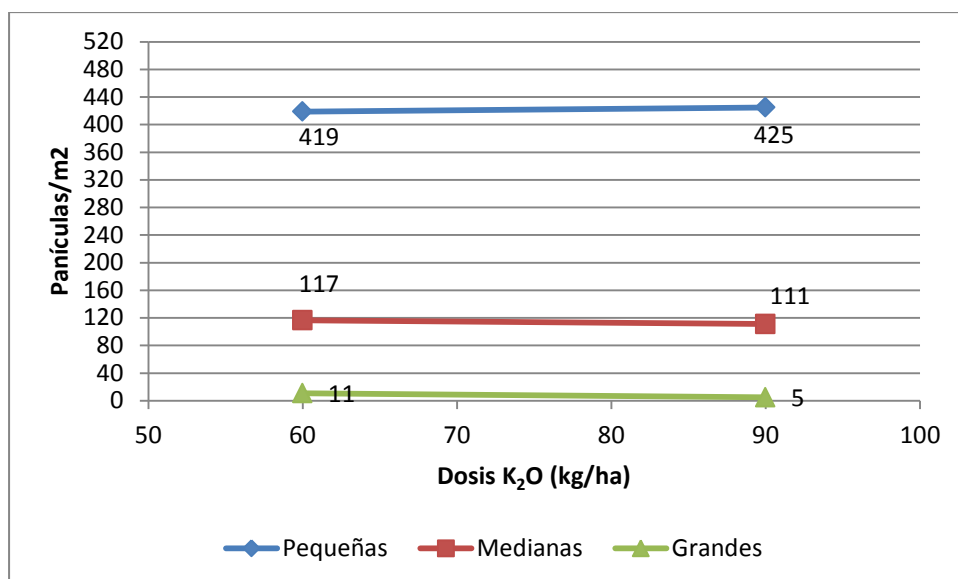


Figura 13: Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre el tamaño de las panículas por m² en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Se encontró diferencias significativas ($p < 0,0001$) en la cantidad de granos llenos por panícula con respecto a la densidad de siembra utilizada (Figura 14; Cuadro 7A).

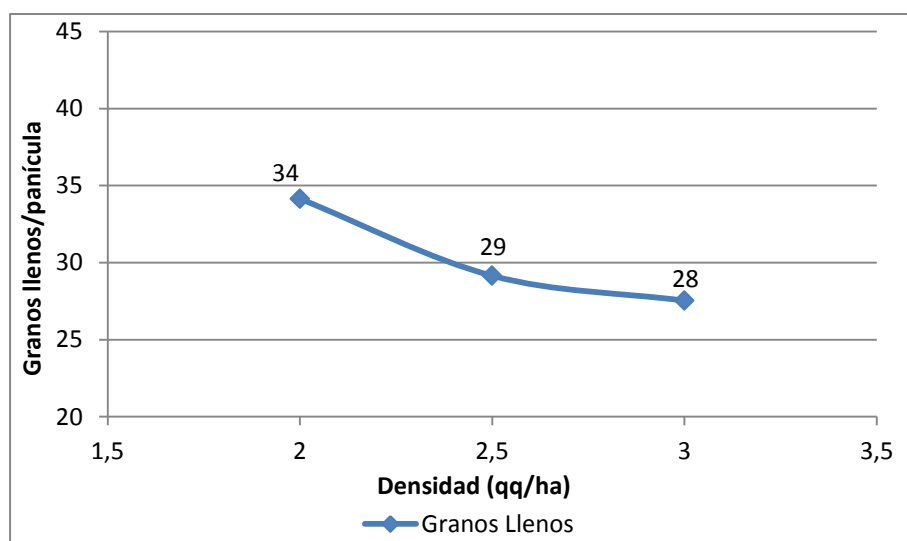


Figura 14: Efecto de la densidad de siembra sobre la cantidad de granos llenos por panícula en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

La densidad de 2qq/ha presentó la mayor cantidad de granos llenos (34 por panícula), esto según la prueba de Tukey realizada (Cuadro 20A).

En la figura 15 se muestra el efecto del nitrógeno con respecto a la cantidad de granos llenos por panícula; cuando se aumentó la dosis de nitrógeno, se disminuyó la cantidad de granos llenos por panícula.

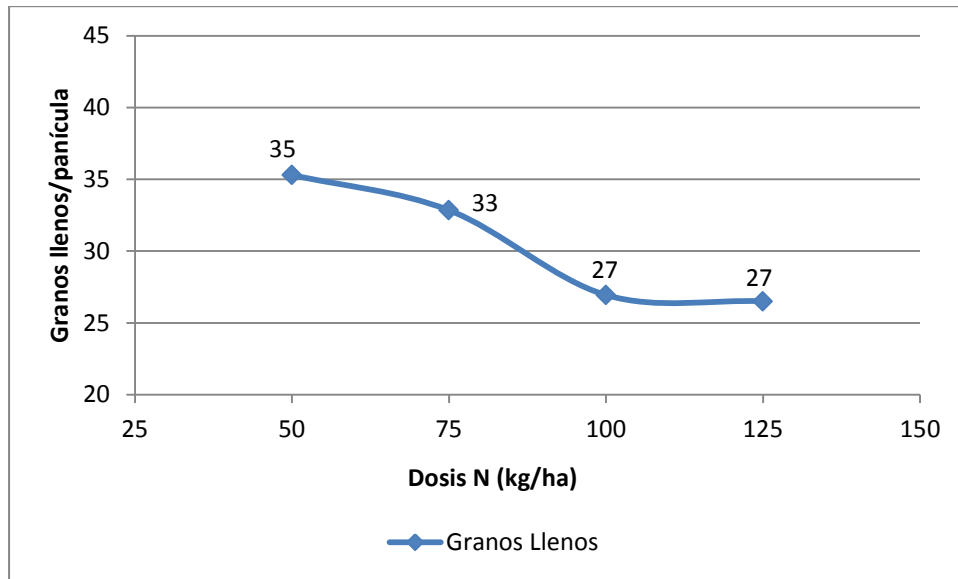


Figura 15: Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre la cantidad de granos llenos por panícula en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Se encontró diferencias significativas ($p < 0,0001$) en la cantidad de granos llenos por panícula, cuando se aplicó diferentes dosis de nitrógeno al cultivo (Cuadro 7A).

La prueba de Tukey (Cuadro 21A), indica que las diferencias se presentan entre las dosis de 50 y 75 kg/ha con respecto a las de 100 y 125 kg/ha; en donde el tratamiento de menor dosis, presentó la mayor cantidad de granos llenos por panícula.

No se encontró diferencias significativas ($p = 0,3626$) en la cantidad de granos llenos por panícula, cuando se aplicó diferentes dosis de potasio al cultivo (Figura 16; Cuadro 7A).

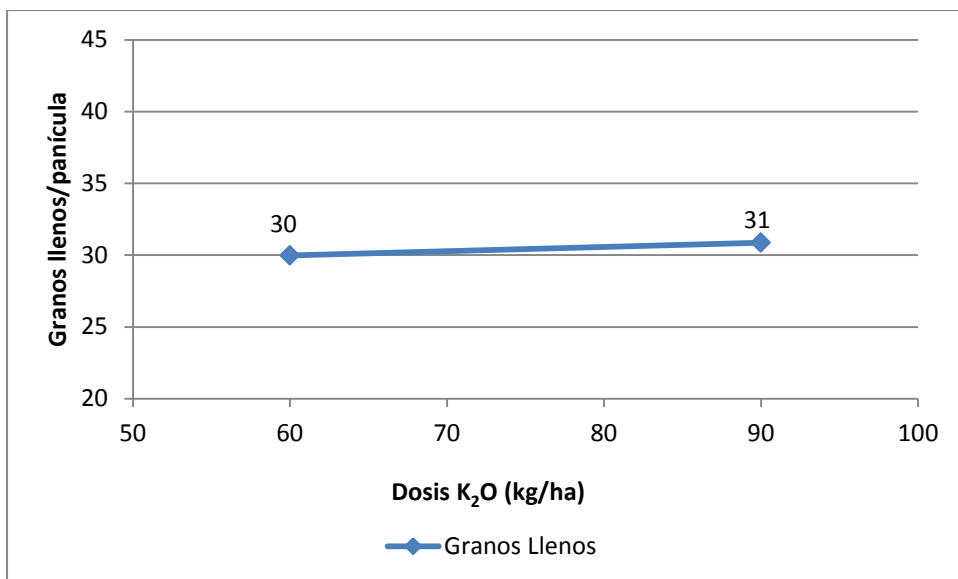


Figura 16: Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre la cantidad de granos llenos por panícula en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

5.2.3 Peso de 1000 granos

Se encontró diferencias significativas ($p= 0,0031$) en el peso de mil granos, con respecto a diferentes densidades de siembra (Figura 17; Cuadro 8A).

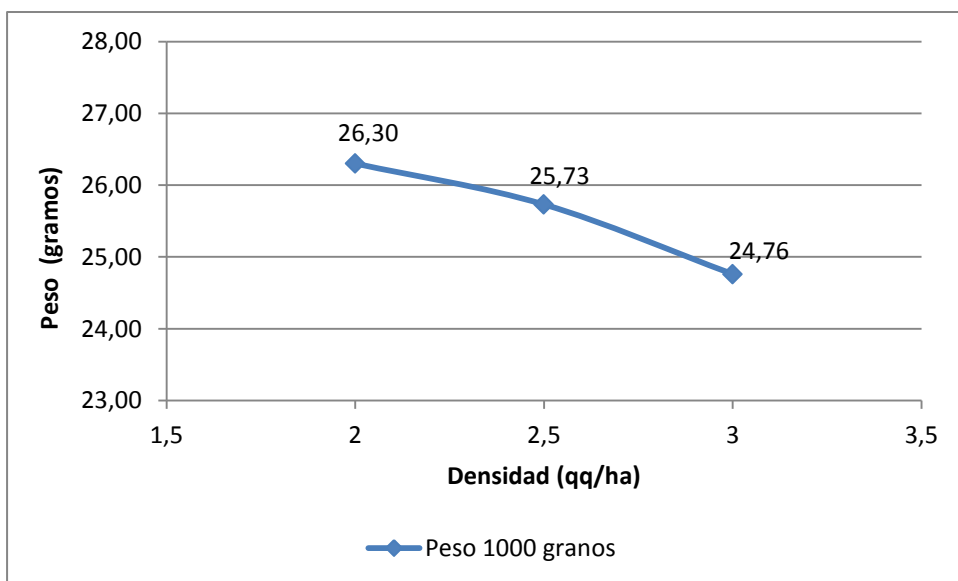


Figura 17: Efecto de la densidad de siembra sobre el peso de 1000 granos en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

La prueba de Tukey (Cuadro 22A), indica que la densidad de 2qq/ha presentó el mayor peso de mil granos (26,30 gramos).

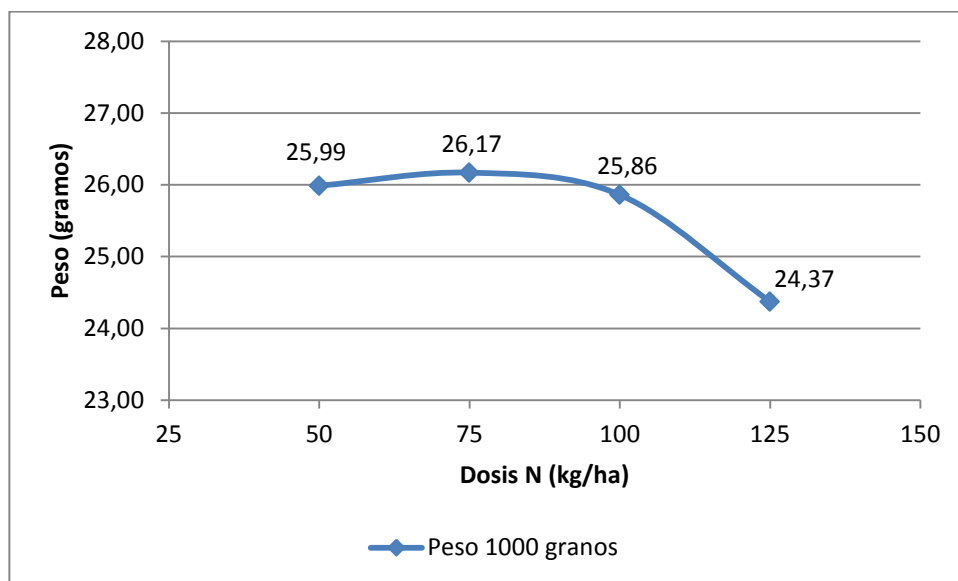


Figura 18: Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo sobre el peso de 1000 granos en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Se encontró diferencias significativas ($p= 0,0023$) en el peso de mil granos, cuando se aplicó diferentes dosis de nitrógeno al cultivo (Figura 18; Cuadro 8A).

La prueba de Tukey (Cuadro 23A), indica que el tratamiento de 75 kg/ha presentó el mayor peso de mil granos (26,17 gramos), aunque no hay diferencias con los tratamientos 50 y 100 kg/ha.

No se encontró diferencias significativas ($p= 0,5129$) en el peso de mil granos, cuando se aplicó diferentes dosis de potasio al cultivo (Figura 19; Cuadro 8A).

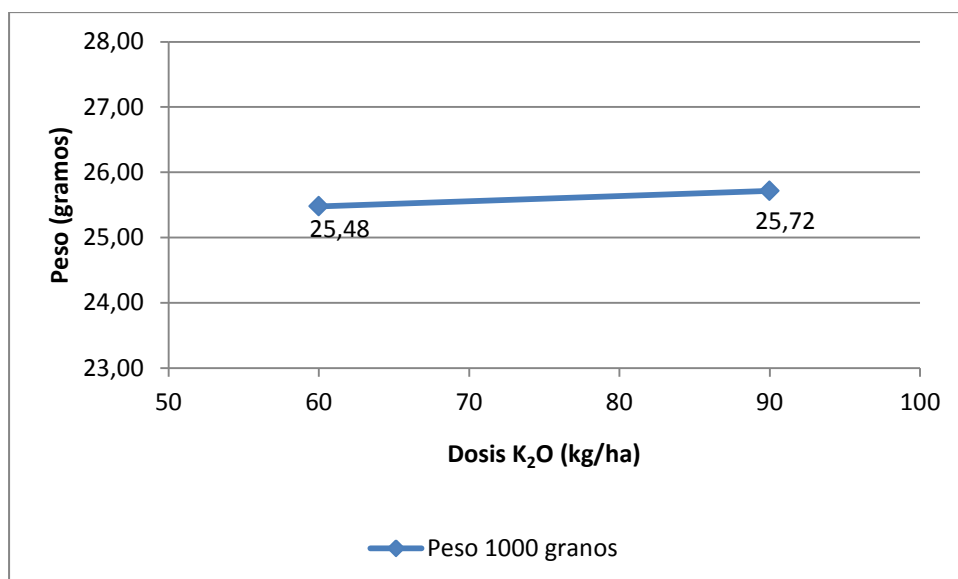


Figura 19: Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo sobre el peso de 1000 granos en el cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

5.2.4 Rendimiento de cosecha

En relación con el rendimiento, es importante recordar que los datos que se presentan como resultados, se obtuvieron de una estimación de cosecha que se hizo, ya que no se pudo realizar la cosecha a tiempo.

En el Cuadro 10 se muestra el rendimiento estimado para cada uno de los tratamientos que se evaluaron en el ensayo; del mismo se puede decir que el tratamiento 1 presentó el mayor rendimiento estimado (5,135 kg/ha), seguido por el tratamiento 19 (4,867 kg/ha), mientras que los tratamientos que presentaron los rendimientos estimados más bajos fueron el 23 (1,137 kg/ha) y 24 (1,931 kg/ha).

Cuadro 10: Rendimiento estimado (kg/ha) en cada uno de los tratamiento del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Tratamiento	Densidad (qq)- Nitrógeno (kg)- Potasio (kg)	Rendimiento Estimado (kg/ha)
1	2-50-60	5.135
2	2-50-90	3.527
3	2-75-60	2.948
4	2-75-90	3.359
5	2-100-60	2.816
6	2-100-90	3.460
7	2-125-60	3.637
8	2-125-90	3.746
9	2,5-50-60	3.742
10	2,5-50-90	4.352
11	2,5-75-60	4.089
12	2,5-75-90	4.316
13	2,5-100-60	2.144
14	2,5-100-90	3.058
15	2,5-125-60	2.659
16	2,5-125-90	3.278
17	3-50-60	3.295
18	3-50-90	3.516
19	3-75-60	4.867
20	3-75-90	4.308
21	3-100-60	4.617
22	3-100-90	2.646
23	3-125-60	1.137
24	3-125-90	1.931

En la figura 20 se muestra el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de cosecha, en términos generales se puede observar que al aumentar la densidad de siembra se disminuyó el rendimiento.

No se encontró diferencias significativas ($p= 0,7493$) en el rendimiento estimado de cosecha con respecto a diferentes densidades de siembra (Figura 20; Cuadro 9A).

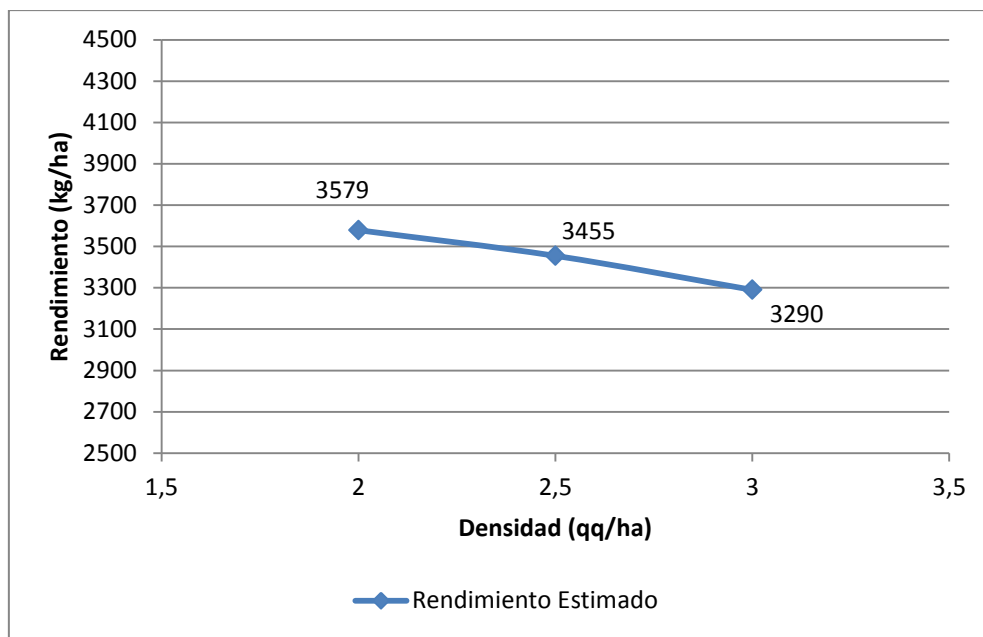


Figura 20: Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento estimado de cosecha del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

En la figura 21 se muestra el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento, donde el tratamiento de 75 kg/ha de nitrógeno fue el que presentó el mayor rendimiento ya que se calculó en 3.981 kg/ha; por el contrario el tratamiento que presentó el rendimiento más bajo fue el de 125 kg/ha de nitrógeno, con a 2.732 kg/ha.

No se encontró diferencias significativas ($p= 0,0673$) en el rendimiento estimado de cosecha cuando se aplicó diferentes dosis de nitrógeno (Cuadro 9A).

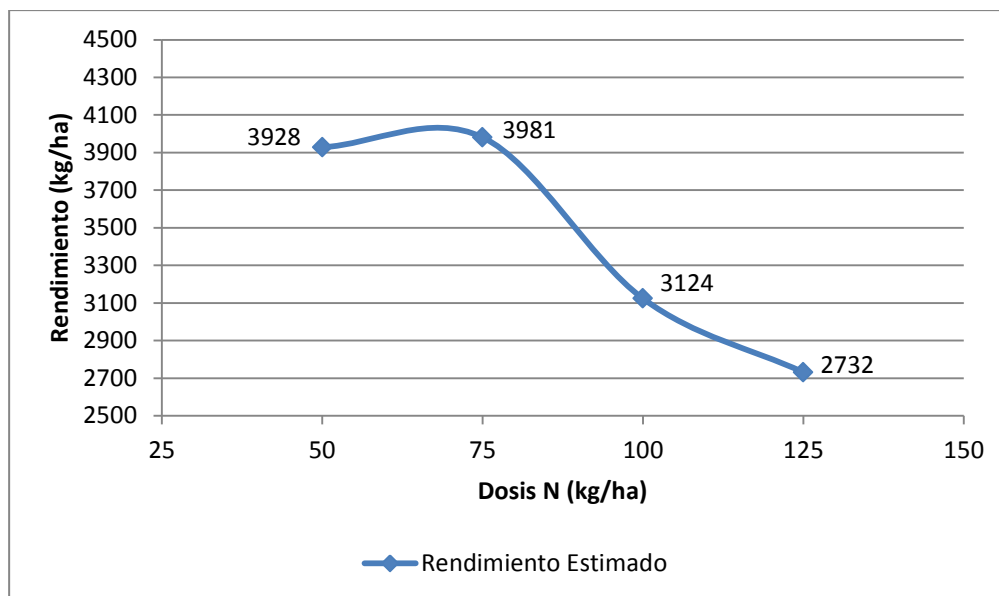


Figura 21: Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada al cultivo en el rendimiento estimado de cosecha del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

En la figura 22 se muestra el efecto del efecto de los diferentes niveles de potasio sobre el rendimiento estimado de cosecha.

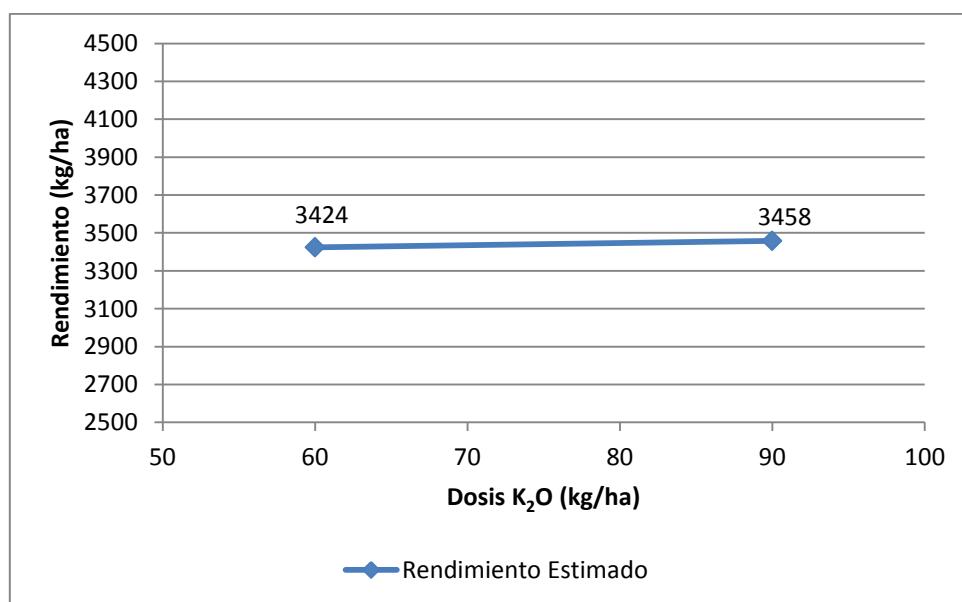


Figura 22: Efecto de la dosis de potasio aplicada al cultivo en el rendimiento estimado de cosecha del cultivar C-7 STEC. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

No se encontró diferencias significativas ($p= 0,9140$) en el rendimiento estimado de cosecha cuando se aplicó diferentes dosis de potasio (Figura 22; Cuadro 9A).

5.3 Calidad molinera

En el cuadro 11, se muestran los resultados de la calidad molinera de las muestras enviadas al laboratorio de control de calidad de CONARROZ; se observa que el arroz en ninguna de las muestras llega al grado de calidad 2 (grado base).

De las doce muestras que se enviaron al laboratorio solo una de ellas dio grado de calidad 3, cuatro muestras dieron grado 4 y siete muestras presentaron la clasificación más baja “según muestra” por efecto de los granos yesosos y dañados que superan el nivel 4.

También se puede observar que las muestras se cosecharon con una humedad muy baja, pero similar entre los tratamientos, lo que evidencia que la cosecha a nivel general se hizo tarde.

En el mismo cuadro se consignan los componentes del rendimiento del arroz pilado; el porcentaje de grano entero en todas las muestras están muy por debajo del porcentaje establecido por el MEIC (52,264), este componente es el de mayor valor en la comercialización del arroz pilado por los industriales.

Con respecto al porcentaje de grano quebrado grueso todas las muestras están por encima del porcentaje base establecido para obtener un grado de calidad 2 (13,066).

Por otro lado, los rendimientos de puntilla y de semolina son muy similares entre las muestras que se enviaron, siendo superiores a la base establecida por el MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio).

Cuadro 11: Resultados análisis de calidad molinera, según el Laboratorio de Control de Calidad de CONARROZ. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Variable	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Humedad inicial (%)	15,6	16,1	17,3	17,4	17,5	16,3	16,3	18,1	17,1	17,4	17,2	17,5
Humedad de análisis (%)	11,9	11,3	11,3	10,4	12	12	10,9	11,7	12,1	12	11,3	11,5
Impureza inicial (%)	0,8	1,1	2,4	1,6	4,1	2,1	1,7	1,8	1,7	1,5	1,5	2,3
Impureza de análisis (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rendimiento de pilada (%)	64,1	63,9	64,4	64,8	64,8	63,8	58,4	59,4	58,4	57,1	59,5	61,2
Rendimiento de entero (%)	31,2	20,2	22,1	32,7	24,5	14,1	16,2	13	15,3	18,2	23,6	28,3
Rendimiento de quebrado grueso (%)	17,3	23,9	26,1	17,9	22,4	24,1	18,1	25,6	26,5	17,8	17,9	16,4
Rendimiento de puntilla (%)	15,6	19,8	16,2	14,2	17,9	25,6	24,1	20,8	16,6	21	18	16,5
Rendimiento de semolina (%)	18,2	17,1	17,1	15,4	16,1	16,7	21,1	20,3	20,9	22,6	19,5	19,1
Grano yesoso (%)	6,7	6,5	3,6	5,3	6,7	9,5	3,8	5,4	4,8	3,5	5,3	3,3
Grano dañado (%)	6,1	7,7	3,4	3,2	2,9	2,5	4,5	4,7	5,1	4	14,9	2,4
Grado de calidad	s.m.	s.m.	4	4	4	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	4	s.m.	3

5.4 Comportamiento fitosanitarias

5.4.1 Malezas

En las primeras observaciones realizadas, las más importantes fueron: *Cyperus rotundus*, *Digitaria sanguinalis* y algunas hojas anchas (*Mimosa púdica*, *Caperonia sp*). Conforme transcurrió el ensayo otras malezas fueron tomando mayor relevancia, como el caso de *Eleusine indica* y *Echinochloa colonum*, además de los arrozces contaminantes (*Oryza latifolia*).

Otras malezas que se pudieron observar en el área experimental fueron: *Rottboellia cochinchinensis* y *Panicum sp*.

A nivel general, según las observaciones realizadas, se puede decir que la presencia de malezas fue más baja en los tratamientos donde se usó la densidad de 3 quintales de semilla por hectárea; por el contrario en los tratamientos altos en nitrógeno se dio una mayor presencia de malezas, principalmente en los que se usó la dosis de 100 y 120 kg/ha.

Es importante mencionar que luego de que se empezó a realizar riegos al cultivo, se dio un aumento en la cantidad y el tamaño de las malezas.

5.4.2 Enfermedades

En las observaciones realizadas en el área experimental se encontraron síntomas de varias enfermedades, entre las más importantes se pueden mencionar: *Pyricularia grisea*, *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium oryzae*, *Sarocladium sp*, *Rynchosporium sp*, *Pseudomonas sp* y Manchado de Grano.

5.4.3 Insectos

Durante los primeros estadios del cultivo, los principales problemas se presentaron con Grillos y Spodoptera (*Spodoptera frugiperda*); durante la etapa vegetativa las principales plagas fueron los insectos que se alimentan del follaje, como es el caso de Sogata (*Tagosodes orizicolus*), Grillos y Loritos Verdes (*Draeculacephala sp*). En la etapa reproductiva (floración) se dio un aumento en la presencia de Chinches, principalmente el *Oebalus insularis*.

Aparte de las plagas que se mencionan anteriormente, durante las observaciones realizadas se pudo encontrar otras plagas de una importancia económica menor, como es el caso de la Novia del Arroz (*Rupela albinella*).

Durante la fase de maduración del grano, se pudieron observar plantas con síntomas parecidos a los que produce el Ácaro del Vaneo del Arroz (*Steneotarsonemus spinki*), dentro de los cuales se pueden mencionar: bronceado de las vainas, manchado del grano intercalado y panículas con el daño característico “pico de lora”.

Ciertas plagas, algunos hongos (*Rynchosporium sp*, *Sarocladium sp*, *Helminthosporium sp*,) y bacterias (*Pseudomonas sp*) se vieron favorecidos por las condiciones climáticas y las acciones de riego por aspersión aplicado, afectando la efectividad de los plaguicidas utilizados.

6 DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales durante el desarrollo del ensayo afectaron negativamente a todas las variables y tratamientos.

Todos los meses se presentó una humedad relativa alta, entre el 80 y 92%; la temperatura máxima osciló entre los 32 y 35°C; además de que se presentaron cuatro meses (de Enero hasta Abril) con precipitaciones diarias por debajo de los requerimientos mínimo diario del cultivo.

Las altas temperaturas por encima de los límites críticos afectan entre otras cosas el rendimiento del grano ya que inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración (FAO 2003).

Es importante mencionar que después de la etapa de macollamiento, las condiciones del suelo se volvieron más secas, por lo que esto pudo haber provocado un efecto adverso hacia la absorción de nitrógeno y potasio.

Los requerimientos de precipitación para el arroz, ronda los 10 mm diarios durante el desarrollo del cultivo (INTA 2008), debido a la deficiencia de agua que se presentaba, se decidió implementar el riego por aspersión.

La falta de agua en las etapas vegetativas reduce la altura, el macollaje y el área foliar. Los síntomas comunes del déficit de agua son el enrollado de las hojas, las hojas reseca, el macollaje limitado, el retraso de la floración, la esterilidad de las espiguillas y un llenado incompleto de los granos (FAO 2003).

La utilización del sistema de riego no fue suficiente para compensar el alto déficit hídrico que presentaba el cultivo en el periodo de estudio, lo cual en parte explica los resultados que se obtuvieron.

Por otra parte la utilización de este equipo también trajo consigo sus consecuencias, la principal fue el microclima que se creó en las plantas, ya que se provocó entre otras cosas un aumento de la humedad relativa dentro del cultivo.

Las condiciones ambientales durante la época en que se llevó a cabo el ensayo, sumado al efecto del microclima creado por la utilización del equipo de riego, fueron los factores responsables de crear en el cultivo las condiciones, tanto

de temperatura como de humedad relativa, óptimas para el rápido desarrollo de las enfermedades que afectan al arroz.

Se encontraron diferencias significativas en la población de plantas por el efecto de las densidades de siembra utilizadas, ya que a mayor densidad de siembra se dio un mayor número de plantas por m², lo anterior concuerda con muchos investigadores, los cuales coinciden en señalar que el aumento de la densidad de plantas, disminuye el número de hijos efectivos por planta, pero lo aumenta por unidad de área (Lerch et al. 1973).

Como se mostró en la figura 2, el cultivar tiene una buena capacidad de macollamiento, lo cual se demuestra por los resultados obtenidos en el tratamiento de 2 qq/ha, ya que en la etapa de máximo macollamiento, no se observan diferencias significativas en la población de plantas entre las densidades de siembra utilizadas.

Por efecto del nitrógeno, en el ensayo no se encontraron diferencias significativas en la población de plantas, esto a pesar de que el nitrógeno está relacionado con influir positivamente sobre el número de hijos por planta, según Fertiberia (2000) citado por Gómez (2002).

La capacidad de macollamiento está muy relacionada con la variedad y con la respuesta al nitrógeno (CIAT 1982). Las variedades con baja respuesta al nitrógeno tienen un macollamiento activo durante la fase vegetativa lo cual causa autosombreo y reduce el número de tallos efectivos, en tanto que las variedades de alta respuesta a N tienen menos competencia por luz en los primeros estados de crecimiento y el número de panículas aumenta al incrementar la dosis de nitrógeno (Tanaka *et al* 1966, citado por CIAT 1982).

La población de plantas no se vio afectada por el efecto de diferentes niveles de potasio aplicados al cultivo, ya que a diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no tiene mayor efecto en el macollamiento de las plantas (Dobermann y Fairhurst 2000).

Por otra parte Páez (1991), menciona que el aumento de densidades trae consigo problemas relacionados con la competencia dentro del cultivo,

determinado al final del ciclo, entre otras cosas, por plantas con menor tamaño y de escaso macollamiento.

Se encontraron diferencias significativas en la altura de plantas por efecto de la densidad de siembra, ya que la densidad de siembra más baja (2 qq/ha) presentó las plantas de mayor altura, además en condiciones desfavorables de clima, las plantas sembradas a densidades menores tienen un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

En un ambiente con las condiciones normales (buena humedad del suelo y buena fertilización) se espera que los tratamientos con las mayores densidades presenten una altura de plantas mayor; en el ensayo esto no ocurrió por el efecto de las fuertes condiciones ambientales sobre el cultivo.

Según Cordero (1993), el nitrógeno es uno de los elementos que necesitan las plantas para su crecimiento, ya que promueve el rápido desarrollo de las mismas, aumentando la altura.

A pesar de lo anterior las diferencias que se encontraron en la altura de plantas por el efecto de niveles crecientes de nitrógeno aplicados al cultivo, no fueron las esperadas, ya que los tratamientos más bajos presentaron la altura promedio de plantas mayor.

La combinación de 60 kg/ha de potasio con todas las dosis de nitrógeno, provocó que se encontraran diferencias significativas en la altura de plantas por esta variable.

Peña *et al.* (2001) ha señalado que el aumento de la densidad de siembra, hasta ciertos límites, disminuye el número de tallos efectivos así como panículas y espiguillas por planta, pero en este mismo sentido aumenta el número de tallos efectivos, panículas y espiguillas por unidad de área.

Lo anterior explica el hecho de que se encontraran diferencias significativas en la cantidad de tallos efectivos por efecto de la densidad; por lo que es normal que las densidades que presentaron una mayor población, sean las que tengan la mayor cantidad de tallos efectivos.

En general la cantidad de tallos efectivos está determinada por la cantidad de hijos formados durante la etapa de macollamiento (población); en ese sentido

se explica el hecho de que no se encontraran diferencias significativas en la cantidad de tallos efectivos por m² por efecto de las dosis de nitrógeno y potasio aplicadas al cultivo, ya que igualmente no se encontró diferencias en la población final de plantas por efecto de estos nutrientes.

El número de granos por panícula ésta influenciado principalmente por dos aspectos: el número de ramificaciones y el largo que esta haya alcanzando, además esta se ve influenciada por la variedad y las condiciones ambientales. En variedades comerciales se ha determinado que el número de granos por panícula oscila entre 100 y 150 granos (Soto 1991 citado por Jiménez y Saavedra 2004).

Con base en lo anterior se puede decir que existe una relación entre el tamaño de la panícula y el número de granos de la misma, ya que al aumentar el tamaño se aumenta el número de granos o viceversa.

En el ensayo la densidad de 2 qq/ha presentó las panículas de mayor tamaño, lo que trajo consigo un aumento en la cantidad de granos llenos por panícula.

Con respecto al efecto del nitrógeno sobre la cantidad de granos llenos por panícula, se observó que al aumentar la dosis, se provocó una disminución en la cantidad de granos llenos. Aunque no se presentaron diferencias significativas entre la dosis de 50 y 75 kg/ha en esta variable, la dosis menor fue la que presentó la mayor cantidad de granos llenos, igualmente fue la que presentó las panículas de mayor tamaño.

Por otra parte el exceso de nitrógeno conduce al aumento de la masa vegetativa, pero este aumento no es proporcional al aumento en la producción de carbohidratos, por lo que el suministro en exceso conduce a un elevado incremento de la paja y a la esterilidad de las espiguillas, lo que provoca un efecto en la cantidad de granos llenos por panícula (Deshmukh *et al* citado por Peña *et al* 2001).

En el ensayo se encontraron diferencias significativas en el peso de mil granos por efecto de la densidad de siembra, en donde la densidad de 2 qq/ha presentó el mayor peso. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por

Pereira y Almeida (1997) citado por Rodríguez *et al* (2002) quienes no encontraron efecto de la densidad de siembra sobre esta variable.

Según Rojas y Alvarado (1982), el peso del grano se incrementa con las aplicaciones de nitrógeno, pero el mismo al llegar a un cierto nivel máximo, tiende a decrecer; tal y como sucedió en el ensayo, en donde se dio un aumento en el peso hasta la dosis de 75 kg/ha y de ahí en adelante el peso de mil granos comenzó a descender.

No se encontraron diferencias significativas en el peso de mil granos por el efecto de los diferentes niveles de potasio, por otra parte el efecto de este nutriente sobre el tamaño de las panículas no fue lo esperado, ya que las únicas diferencias que se presentaron, fueron sobre las panículas grandes, en donde la dosis de 60 kg/ha presentó una mayor cantidad.

Aunque no hubo mayor efecto de los niveles de potasio sobre las variables de rendimiento, se sabe que su presencia incrementa el número de granos por panícula, el porcentaje de granos llenos y el peso de 1000 granos (Dobermann y Fairhurst 2000).

Con respecto al rendimiento estimado de cosecha no se encontraron diferencias por el efecto de las densidades de siembra utilizadas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Méndez (2004), quien señaló que la siembra entre 80 y 120 kilogramos de semilla por hectárea es la adecuada para obtener altos rendimientos.

El nitrógeno es el elemento que está más relacionado con el incremento de la producción, al influir positivamente sobre el número de hijos por planta, número de granos por panícula y peso del grano (Fertiberia 2000 citado por Gómez 2002).

Aunque el rendimiento no se vio afectado por respuesta al efecto de dosis crecientes de nitrógeno aplicadas al cultivo, los datos que se obtuvieron en el ensayo concuerdan con los obtenidos por Gómez (2002), el cual menciona que entre 75 kg/ha, 100 kg/ha y 125 kg N/ha no hubo diferencias significativas en el rendimiento de cosecha cuando se usa la labranza convencional, en donde bien se podría recomendar la dosis de 75 kg N/ha.

Nguu y De Datta 1979, citado por CIAT (1982) mencionaron que en un estudio realizado en el IRRI en la variedad IR 36 obtuvieron que la aplicación de N estimuló el macollamiento y por lo tanto el rendimiento obtenido fue mayor que sin N. Mencionan que a medida que aumentó la densidad de siembra y el nivel de N, el rendimiento ascendió hasta alcanzar un máximo.

Por otra parte no se encontraron diferencias en el rendimiento por efecto de diferentes niveles de potasio aplicados al cultivo. Dobermann y Fairhurst (2000) mencionan que la respuesta en rendimiento a la aplicación de potasio solamente se observa cuando el suplemento de otros nutrientes, especialmente N y P, es suficiente.

El poco efecto en las características agronómicas y los componentes de rendimiento como respuesta a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y potasio al cultivo, se debe al efecto perjudicial de la falta de agua en el cultivo.

La aplicación del fertilizante nitrogenado (urea) se llevó a cabo de forma manual al voleo sobre la superficie del suelo, en condiciones de alta temperatura. Esta forma de aplicación de fuentes de fertilizantes amoniacales permite la pérdida considerable de nitrógeno por volatilización directa, hasta de un 60%, contribuyendo a la baja eficiencia de su uso (Nyamangara et al 2003; Dinnes y et al 2002 citado por Villarreal et al 2007).

En cuanto a las diferentes dosis de urea aplicadas al cultivo, cuanto mayor sea ésta, más amonio será producido y por lo tanto la volatilización del NH_3 será cuantitativamente más significativa (Ferraris *et al.* 2009), es por eso que no se encontraron diferencias significativas entre los niveles crecientes de nitrógeno utilizados.

Debido a que la pérdida de agua, se puede incrementar la concentración de solutos en la célula, por lo que las moléculas que regulan el metabolismo pueden ser afectadas. Así, algunos iones inorgánicos, tales como potasio, calcio, magnesio y cloro, no pueden ser metabolizados o incorporados dentro de la estructura celular y se acumulan en situaciones de deshidratación (Zyalalov, 2004; Canny, 2001; Steudle, 2000; Andreev, 2001 Citados por Rodríguez 2006).

De acuerdo al estudio de caracterización del arroz en granza, se establece el grado de calidad 2 (Cuadro 8) como base comercial. A partir de esta base, se establece bonificación en precio comercial para el grano entero (grado de calidad 1) por cada saco de arroz seco y limpio de 73, 6 kg y descuentos o castigos para ese mismo peso para los grados de calidad 3 y 4, en la misma proporción que la bonificación aplicada para el grado de calidad 1.

El arroz con calidad por debajo del grado 4, se comercializa como “según muestra” (sm), es decir que la relación compra/venta o negociación entre el industrial/productor se define entre las partes, según Jiménez (2011), citado por Furcal (2012).

Como se mostró en los resultados, la mayoría de las muestras analizadas dieron grado de calidad “según muestra”; en ese sentido, este arroz, sin importar el tratamiento, se comercializaría con un descuento respecto a la calidad grado 2 que es la base comercial, es decir sería castigado por calidad.

A través de los resultados mostrados en la calidad molinera de las muestras que se analizaron, es posible deducir que los tratamientos evaluados no tuvieron efecto positivo ni en la calidad del grano ni en los componentes de rendimiento del arroz pilado, ya que superaron los mínimos establecidos por CONARROZ.

Al no presentarse el efecto esperado en los análisis de calidad molinera por la utilización de diferentes niveles de nitrógeno y principalmente potasio en el cultivo, queda en evidencia el efecto tan fuerte del clima en la absorción adecuada de estos nutrientes.

El deterioro de la calidad en el grano pudo estar inducido además por factores tales como la acción de enfermedades, insectos, una cosecha muy tardía o la interacción de estos factores.

7 CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y las condiciones en que se desarrolló la investigación se concluye que:

- Los resultados obtenidos confirmaron que la temperatura alta, poca precipitación y alta humedad relativa son condiciones adversas para la absorción correcta de nutrientes, lo que va a afectar el desarrollo y la producción del arroz.
- El sistema de riego por aspersión en verano no es adecuado para el cultivo del arroz, ya que propicia en las plantas las condiciones necesarias para el desarrollo de las enfermedades.
- Por efecto de la densidad de siembra utilizada se encontró diferencias significativas en la población y altura final de plantas, en los tallos efectivos, en los granos llenos por panícula y en el peso de mil granos del cultivar C-7 STEC.
- La densidad de siembra de 2 qq/ha presentó los mejores resultados en los componentes de rendimiento (número de granos por panícula y peso de mil granos) del cultivar C-7 STEC.
- Por efecto de la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno se encontró diferencias significativas en la altura final de plantas, en los granos llenos por panícula y en el peso de mil granos del cultivar C-7 STEC.
- Por efecto de la aplicación de diferentes niveles de potasio se encontró diferencias significativas en la altura final de plantas del cultivar C-7 STEC.
- La calidad del grano y los componentes de rendimiento del arroz pilado no se vieron influenciados por el efecto de la densidad de siembra, la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno o potasio debido a las condiciones ambientales adversas.
- El desarrollo y producción del cultivar C-7 STEC, no se vio influenciado por el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y potasio debido a las condiciones ambientales adversas.

- El desarrollo y la producción del cultivar C-7 STEC se vio influenciado por el efecto de la densidad de siembra utilizada.
- Se comprueba que la aplicación de urea en condiciones de alta temperatura, provoca que se pierda el nitrógeno por volatilización.

8 RECOMENDACIONES

- Realizar este tipo de ensayos en la época de siembra recomendada, para que las condiciones edafo-climáticas sean las adecuadas para el desarrollo normal del cultivo.
- Para ensayos similares al realizado se recomienda el establecimiento de los ensayos dentro de lotes comerciales para facilitar las labores de manejo agronómico del cultivo.
- Por los resultados obtenidos se recomienda que este cultivar se siembre a densidades de 2 a 2,5 qq/ha.

9 LITERATURA CITADA

- CIAT (Centro Internacional Agricultura Tropical). 1982. Fertilización nitrogenada del arroz. Cali, Colombia. 40 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Arroz: Investigación y Producción. Referencia de los recursos de capacitación sobre arroz dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Compilado y editado por: Tascón, E y García, E. CIAT. Cali, Colombia. 695 p.
- CONARROZ (Corporación Nacional Arrocera, CR). 2012. Estadísticas Arroceras (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 15 enero de 2012. Disponible en: <http://www.conarroz.com/>
- CONARROZ (Corporación Nacional Arrocera, CR). 2005. Factores Claves en el Manejo de Arroz de Secano (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 25 abril de 2012. Disponible en <http://www.conarroz.com/pdf/Factores%20claves%20en%20el%20manejo%20de%20arroz%20de%20secano.pdf>
- Cordero, A. 1993. Fertilización y Nutrición Mineral del Arroz. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 100 p.
- De Datta, S. 1986. Producción de Arroz. Fundamentos y Prácticas. Editorial Limusa. México DF, México. 690 p.
- Dobermann, A; Fairhurst, T. 2000. Arroz: Desordenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes. Trad. J Espinosa. IPNI. s.l. 214 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2003. Guía para Identificar las Limitaciones de Campo en la Producción de Arroz (en línea). Roma, Italia. Consultado 14 junio de 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s00.htm#Contents>

- Ferraris, G; Couretot, L; Toribio, M. 2009. Pérdidas de Nitrógeno por Volatilización y su Implicancia en el Rendimiento del Cultivo de Maíz: Efectos de Fuentes, Dosis y Uso de Inhibidores (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 14 junio de 2013. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B5B2034B84BF8FF6852579950075F445/\\$FILE/19.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B5B2034B84BF8FF6852579950075F445/$FILE/19.pdf)
- FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego, IT). 1998. Guía para el Trabajo de Campo en el Manejo Integrado de Plagas del Arroz. 3 ed. FLAR. Cali, Colombia. 55 p.
- FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego, IT). 2010. Burkholderia glumae (en línea). Cali, Colombia. Consultado 7 febrero de 2012. Disponible en: <http://www.flar.org/index.php/es/noticias/131-republica-dominicana-patologo-colombiano-sugiere-medidas-para-manejo-de-bacteria-en-arroz>
- Furcal, P. 2012. Efecto del Silicio en la Fertilidad del Suelo, en la Incidencia de Enfermedades y el Rendimiento del Cultivo del Arroz (Oryza sativa) var CR 4477. Informe final. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación y Extensión. Cartago, Costa Rica. 61p.
- Gómez, J. 2002. Efecto de niveles crecientes de nitrógeno sobre el desarrollo y producción del cultivo de arroz (Oryza sativa) Var. Fedearroz 50 sembrado en labranza cero y en labranza convencional. Tesis Bach. Ing. Agrónomo. ITCR. 85 p.
- INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, CR). 2008. Manual de Recomendaciones del Cultivo del Arroz. INTA. San José, Costa Rica. 74 p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2004. El Cultivo del Arroz en Venezuela. Comp. Orlando Páez; Edit. Alfredo Romero. (Serie Manuales de Cultivo INIA N° 1). Maracay, Venezuela. 202 p.

- Jiménez, W; Saavedra, M. 2004. Estudio Comparativo de diez Líneas Promisorias y dos Variedades de Arroz (*Oryza sativa* L.) para Condiciones de Secano en Cárdenas, Rivas. Tesis Lic. Ing. Agrónomo Fitotecnista. UNA. 48 p.
- Jiménez, O; Silva, R; Cruz, J. 2009. Efecto de Densidades de Siembra Sobre el Rendimiento de Arroz (*Oryza sativa* L.) en el Municipio Santa Rosalía Estado Portuguesa, Venezuela (en línea). Revista Unellez de Ciencia y Tecnología N°. 27. Consultado 25 abril de 2012. Disponible en: <http://150.187.77.68/revistas/index.php/rucyt/article/viewFile/166/193>
- Lerch, G; A. Travieso y G. Antigua. 1973. Desarrollo y Rendimiento del Arroz, var. IR 8 en Cuba. Efecto de altas densidades en tres épocas de siembra del tercer año experimental de 1972/73. Revista de Agricultura. Academia de Ciencias de Cuba 6(1):16.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica: Arroz. MAG. San José, Costa Rica. 560 p.
- Méndez, C. 2004. Avance sobre los trabajos de manejo agronómico en Nicaragua. Foro Arroceros Latinoamericano 11(2): 30-31.
- Meneses, R; Gutiérrez, A; García, A; Antigua, G; Gómez, J; Correa, F; Calvert, L; Hernández, J. 2008. Guía para el Trabajo de Campo en el Manejo Integrado de Plagas del Arroz. 5ta ed. rev. II Arroz. Sancti Spiritus, Cuba. 64p.
- Páez, O. 1991. El cultivo del arroz. Densidad de siembra, control de malezas y fertilización. FONAIAP divulga 36:26.
- Peña, L. R.; Ávila, J. y Peña, R. 2001. Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento agrícola y sus componentes de las variedades de arroz IACuba 28 y J 104. Revista Cubana del Arroz 3 (1): 43-50.

- Rodríguez, H; Arteaga, L; Cardona, R; Ramón, M; Alemán, L. 2002. Respuesta de las variedades de arroz FONAIAP 1 y Cimarrón a dos Densidades de Siembra y dos Dosis de Nitrógeno. *Bioagro (Venezuela)*. 14(2): 105-112.
- Rodríguez, L. 2006. Implicaciones fisiológicas de la osmoregulación en plantas. *Agronomía Colombiana* 24(1): 28-37.
- Rojas, C; Alvarado R. 1982. Fertilización Nitrogenada y Fosfatada en Arroz en la Región Centro-Sur de Chile. Efecto sobre los Rendimientos en Grano. *Agricultura Técnica (Chile)*. 42(1): 15-21.
- Rosero, M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. Cooperación IRRI-CIAT. 2 ed. Cali, Colombia. CIAT. 63 p.
- Villarreal, J; Name, B; Smyth, J; Quirós, E. 2007. Dosis Óptima para la Fertilización Nitrogenada del Arroz, en la Región Central de Panamá. *Agronomía Mesoamericana (Costa Rica)*. 18(1): 115-127.

10 ANEXO A

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la población de plantas final. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Población	120	0,32	0,15	13,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	267046,27	23	11610,71	1,92	0,0149
Densidad	181703,47	2	90851,73	15,03	<0,0001
Nitrógeno	6827,07	3	2275,69	0,38	0,7701
Potasio	2726,53	1	2726,53	0,45	0,5034
Densidad*Nitrógeno	38286,93	6	6381,16	1,06	0,3946
Densidad*Potasio	3060,27	2	1530,13	0,25	0,7769
Nitrógeno*Potasio	4874,00	3	1624,67	0,27	0,8477
Densidad*Nitrógeno*Potasio	29568,00	6	4928,00	0,82	0,5606
Error	580243,20	96	6044,20		
Total	847289,47	119			

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la altura de las plantas a los 114dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	240	0,66	0,63	4,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5781,55	23	251,37	18,45	<0,0001
Densidad	611,79	2	305,89	22,45	<0,0001
Nitrógeno	783,49	3	261,16	19,16	<0,0001
Potasio	185,50	1	185,50	13,61	0,0003
Densidad*Nitrógeno	3156,97	6	526,16	38,61	<0,0001
Densidad*Potasio	405,40	2	202,70	14,87	<0,0001
Nitrógeno*Potasio	211,70	3	70,57	5,18	0,0018
Densidad*Nitrógeno*Potasio	426,69	6	71,11	5,22	<0,0001
Error	2943,45	216	13,63		
Total	8725,00	239			

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la cantidad de tallos efectivos por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Efectivos	120	0,32	0,15	13,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	238341,87	23	10362,69	1,95	0,0132
Densidad	131665,07	2	65832,53	12,38	<0,0001
Nitrógeno	17628,27	3	5876,09	1,10	0,3512
Potasio	811,20	1	811,20	0,15	0,6970
Densidad*Nitrógeno	42987,73	6	7164,62	1,35	0,2442
Densidad*Potasio	5609,60	2	2804,80	0,53	0,5919
Nitrógeno*Potasio	5491,73	3	1830,58	0,34	0,7935
Densidad*Nitrógeno*Potasio	34148,27	6	5691,38	1,07	0,3860
Error	510688,00	96	5319,67		
Total	749029,87	119			

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la cantidad de panículas pequeñas por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pequeñas	120	0,46	0,34	20,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	600814,40	23	26122,37	3,61	<0,0001
Densidad	364536,80	2	182268,40	25,18	<0,0001
Nitrógeno	9105,60	3	3035,20	0,42	0,7396
Potasio	1080,00	1	1080,00	0,15	0,7002
Densidad*Nitrógeno	150810,40	6	25135,07	3,47	0,0038
Densidad*Potasio	15079,20	2	7539,60	1,04	0,3569
Nitrógeno*Potasio	6654,40	3	2218,13	0,31	0,8207
Densidad*Nitrógeno*Potasio.	53548,00	6	8924,67	1,23	0,2964
Error	694924,80	96	7238,80		
Total	1295739,20	119			

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la cantidad de panículas medianas por m².
ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mediana	120	0,51	0,39	43,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	242916,27	23	10561,58	4,28	<0,0001
Densidad	47793,87	2	23896,93	9,69	0,0001
Nitrógeno	35747,20	3	11915,73	4,83	0,0035
Potasio	853,33	1	853,33	0,35	0,5577
Densidad*Nitrógeno	108444,00	6	18074,00	7,33	<0,0001
Densidad*Potasio	9646,67	2	4823,33	1,96	0,1470
Nitrógeno*Potasio	7009,07	3	2336,36	0,95	0,4209
Densidad*Nitrógeno*Potasio.	33422,13	6	5570,36	2,26	0,0440
Error	236697,60	96	2465,60		
Total	479613,87	119			

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la cantidad de panículas grandes por m².
ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grandes	120	0,54	0,43	133,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12369,07	23	537,79	4,85	<0,0001
Densidad	1140,27	2	570,13	5,15	0,0075
Nitrógeno	314,67	3	104,89	0,95	0,4213
Potasio	1032,53	1	1032,53	9,32	0,0029
Densidad*Nitrógeno	5224,53	6	870,76	7,86	<0,0001
Densidad*Potasio	929,07	2	464,53	4,19	0,0180
Nitrógeno*Potasio	331,73	3	110,58	1,00	0,3973
Densidad*Nitrógeno*Potasio.	3396,27	6	566,04	5,11	0,0001
Error	10636,80	96	110,80		
Total	23005,87	119			

Cuadro 7A. Análisis de varianza para la cantidad de granos llenos por panícula.
ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Llenos	1357	0,13	0,12	64,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	78595,01	23	3417,17	8,96	<0,0001
Densidad	12162,16	2	6081,08	15,94	<0,0001
Nitrógeno	20761,96	3	6920,65	18,14	<0,0001
Potasio	316,40	1	316,40	0,83	0,3626
Densidad*Nitrógeno	25606,59	6	4267,77	11,19	<0,0001
Densidad*Potasio	3377,27	2	1688,63	4,43	0,0121
Nitrógeno*Potasio	3762,03	3	1254,01	3,29	0,0201
Densidad*Nitrógeno*Potasio	13045,82	6	2174,30	5,70	<0,0001
Error	508554,24	1333	381,51		
Total	587149,25	1356			

Cuadro 8A. Análisis de varianza para el peso de mil granos. ITCR, Finca La Vega.
San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 1000 granos	120	0,44	0,30	7,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	295,09	23	12,83	3,26	<0,0001
Densidad	48,49	2	24,25	6,15	0,0031
Nitrógeno	61,54	3	20,51	5,21	0,0023
Potasio	1,70	1	1,70	0,43	0,5129
Densidad*Nitrógeno	130,73	6	21,79	5,53	0,0001
Densidad*Potasio	7,12	2	3,56	0,90	0,4085
Nitrógeno*Potasio	2,11	3	0,70	0,18	0,9105
Densidad*Nitrógeno*Potasio..	43,40	6	7,23	1,84	0,1002
Error	378,26	96	3,94		
Total	673,35	119			

Cuadro 9A. Análisis de varianza para el rendimiento estimado de cosecha, ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	24	0,84	0,38	21,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17310693,21	17	1018276,07	1,84	0,2326
Densidad	336077,58	2	168038,79	0,30	0,7493
Nitrógeno	6799318,46	3	2266439,49	4,09	0,0673
Potasio	7038,37	1	7038,37	0,01	0,9140
Densidad*Nitrógeno	8652507,42	6	1442084,57	2,60	0,1349
Densidad*Potasio	1006619,25	2	503309,63	0,91	0,4525
Nitrógeno*Potasio	509132,12	3	169710,71	0,31	0,8206
Error	3327203,75	6	554533,96		
Total	20637896,96	23			

Cuadro 10A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la población final de plantas. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=41,38491

Error: 6044,2000 gl: 96

Densidad	Medias	n	E.E.	
2,00	535,10	40	12,29	A
2,50	592,50	40	12,29	B
3,00	629,70	40	12,29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 11A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la altura de plantas a los 114 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,37000

Error: 13,6271 gl: 216

Densidad	Medias	n	E.E.	
3,00	80,49	80	0,41	A
2,50	80,77	80	0,41	A
2,00	84,01	80	0,41	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 12A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre la altura de plantas a los 114 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,73437

Error: 13,6271 gl: 216

Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
125,00	79,35	60	0,48	A
100,00	80,78	60	0,48	A
50,00	82,90	60	0,48	B
75,00	83,99	60	0,48	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 13A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del potasio sobre la altura de plantas a los 114 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,93519

Error: 13,6271 gl: 216

Potasio	Medias	n	E.E.	
90,00	80,88	120	0,34	A
60,00	82,63	120	0,34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 14A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de tallos efectivos por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=38,82530

Error: 5319,6667 gl: 96

Densidad	Medias	n	E.E.	
2,00	501,00	40	11,53	A
2,50	547,80	40	11,53	B
3,00	581,80	40	11,53	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 15A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de panículas pequeñas por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=45,29037

Error: 7238,8000 gl: 96

Densidad	Medias	n	E.E.	
2,00	347,30	40	13,45	A
2,50	439,20	40	13,45	B
3,00	478,90	40	13,45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 16A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de panículas medianas por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=26,43224

Error: 2465,6000 gl: 96

Densidad	Medias	n	E.E.	
3,00	95,90	40	7,85	A
2,50	104,00	40	7,85	A
2,00	141,70	40	7,85	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 17A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre la cantidad de panículas medianas por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=33,52139

Error: 2465,6000 gl: 96

Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
125	90,13	30	9,07	A
100	104,93	30	9,07	A B
75	127,47	30	9,07	B
50	132,93	30	9,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 18A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de panículas grandes por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,60328

Error: 110,8000 gl: 96

Densidad	Medias	n	E.E.	
2,50	4,60	40	1,66	A
3,00	7,00	40	1,66	A B
2,00	12,00	40	1,66	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 19A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del potasio sobre la cantidad de panículas grandes por m². ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,81475

Error: 110,8000 gl: 96

Potasio	Medias	n	E.E.	
90	4,93	60	1,36	A
60	10,80	60	1,36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 20A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre la cantidad de granos llenos por panícula. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,05041

Error: 381,5111 gl: 1333

Densidad	Medias	n	E.E.	
3,00	26,73	432	0,95	A
2,50	28,90	441	0,93	A
2,00	33,86	484	0,89	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 21A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre la cantidad de granos llenos por panícula. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,85967

Error: 381,5111 gl: 1333

Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
125,00	25,39	329	1,09	A
100,00	26,54	346	1,06	A
75,00	32,67	344	1,06	B
50,00	34,71	338	1,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 22A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto de la densidad sobre el peso de mil granos. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05665

Error: 3,9402 gl: 96

Densidad	Medias	n	E.E.	
3,00	24,76	40	0,31	A
2,50	25,73	40	0,31	A
2,00	26,30	40	0,31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 23A. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la comparación de medias del efecto del nitrógeno sobre el peso de mil granos. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,34005

Error: 3,9402 gl: 96

Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
125,00	24,37	30	0,36	A
100,00	25,86	30	0,36	B
50,00	25,99	30	0,36	B
75,00	26,17	30	0,36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 24A. Cronograma de actividades realizadas en el ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

Fecha	DDS	Actividad
		Preparación del terrero
9 Enero		Pruebas de germinación
19-20 Enero		Calibración de la sembradora
24-25 Enero	0	Siembra. Primera fertilización (formula 11-52-0)
26 Enero	2	Aplicación herbicida preemergente
2 Febrero	9	Evaluación población inicial
10 Febrero	17	Muestreo: altura y población
13 Febrero	20	Marcaje de las parcelas
14-15 Febrero	21-22	Segunda fertilización (Urea + KCl)
16 Febrero	23	Aplicación de herbicida postemergente + insecticida
17 Febrero	24	Muestreo: altura, población y malezas
24 Febrero	31	Muestreo: altura, plagas y enfermedades
1-2 Marzo	37-38	Muestreo: altura, población y malezas
7-9 Marzo	43-45	Muestreo: altura, población, enfermedades y plagas
16 Marzo	52	Muestreo: altura y malezas
19-21 Marzo	55-57	Tercera fertilización (Urea +KCl)
23 Marzo	59	Muestreo: altura, plagas y enfermedades
24 Marzo	60	Riego
27 Marzo	63	Aplicación para el control de Enfermedades
30 Marzo	66	Muestreo: altura y malezas. Riego
4-6 Abril	71-73	Muestreo: altura, enfermedades y plagas
11 Abril	78	Muestreo: altura. Riego
14 Abril	81	Riego
18 Abril	85	Muestreo: altura, malezas, plagas y Enfermedades
26 Abril	93	Muestreo: Altura
30 Abril	97	Aplicación de protección a la panícula
3 Mayo	100	Muestreo: altura, plagas y enfermedades
7 Mayo	104	Riego
9 Mayo	106	Muestreo altura
10 Mayo	107	Aplicación de protección a la panícula
17 Mayo	114	Muestreo: altura y enfermedades
29-31 Mayo	126-128	Muestreo para variables de rendimiento
6 Junio	134	Fecha prevista de cosecha
11 Junio	139	Se termino las evaluaciones de las variables de rendimiento
19-20 Junio	147-148	Cosecha para rendimiento
25 Junio	153	Envío de muestras al Laboratorio de CONARROZ

11 ANEXO B

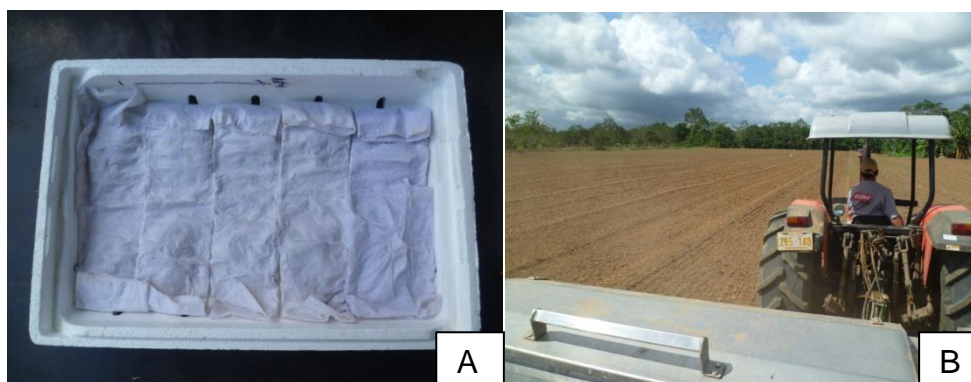


Figura 1. A. Pruebas de germinación realizadas previo a la siembra. B. Siembra del ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

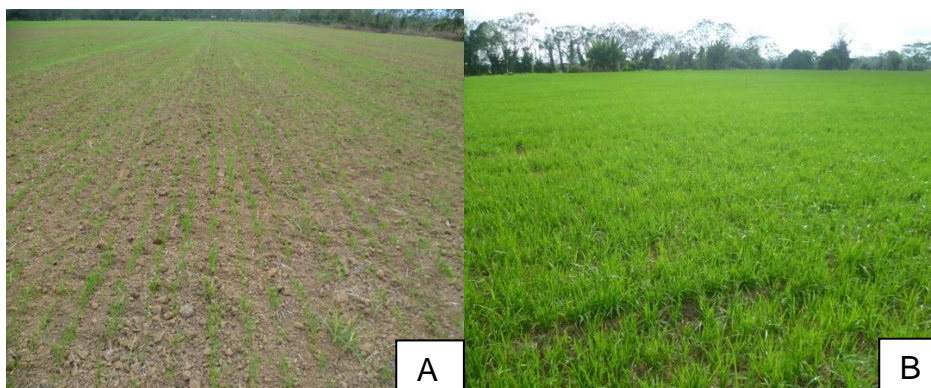


Figura 2. A. Germinación a los 9 dds. B. Incidencia de malezas a los 31 dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

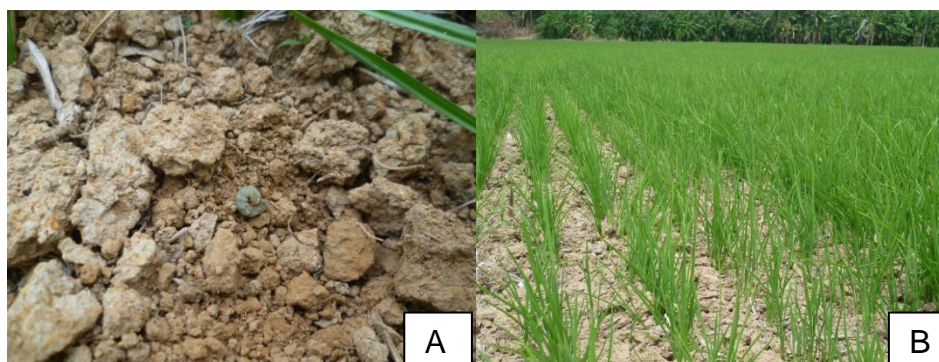


Figura 3. A. Estado del suelo a los 29 dds. B. Efecto del clima adverso en las plantas de arroz a los 31dds. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.



Figura 4. A. Cuadrícula para evaluación de población. B. Malezas presentes en el ensayo. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.

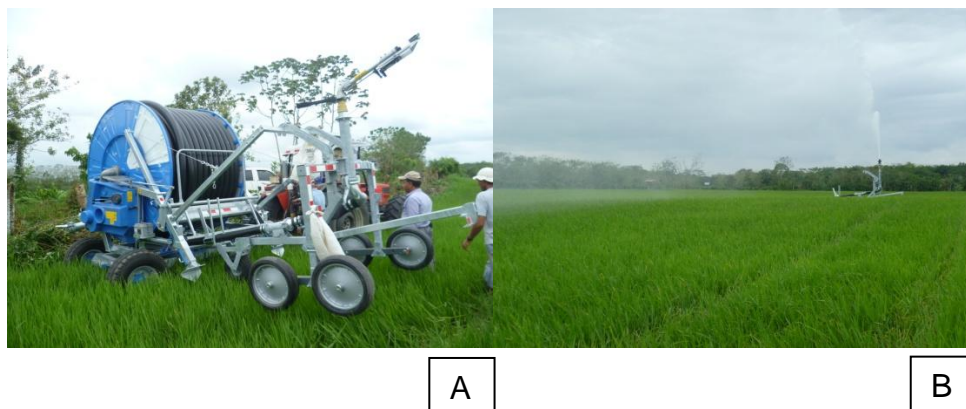


Figura 5. A. Equipo de riego utilizado en el ensayo. B. Funcionamiento del equipo de riego. ITCR, Finca La Vega, San Carlos. 2012.

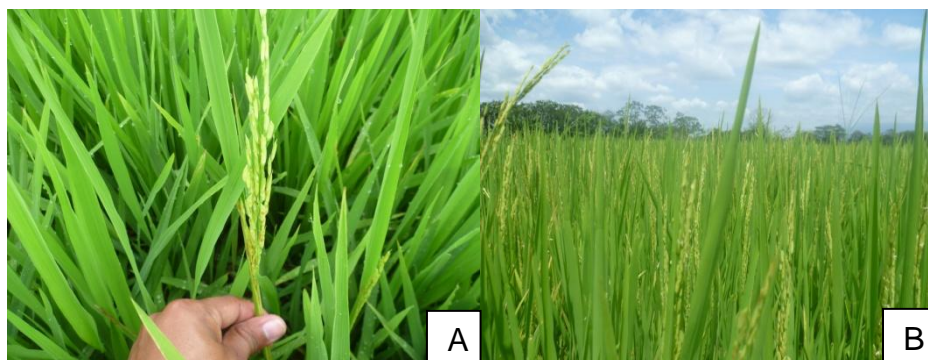


Figura 6. A. Floración a los 90 dds. B. Etapa grano lechoso. ITCR, Finca La Vega. San Carlos, 2012.